

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

**Utilisation des travaux pratiques dans l'enseignement des notions de circuits électriques au
secondaire : approche didactique**

par

Odile Desgagnés

01 116 456

Essai présenté à la Faculté d'éducation

En vue de l'obtention du grade de

Maître en éducation, M. Éd.

Maîtrise qualifiante en enseignement au secondaire

Décembre 2019

© Odile Desgagnés, 2019

SOMMAIRE

La recherche présentée ici porte sur la production d'une ressource didactique qui pourra être utilisée par les enseignants de sciences et technologies du secondaire lorsqu'ils abordent le thème des circuits électriques. L'utilisation de travaux pratiques sous forme d'une série de défis électroniques à relever fait l'objet d'une séquence didactique construite afin de faire évoluer la pensée de l'élève et déclencher la construction de nouvelles connaissances. La ressource produite se déroule en quatre périodes de travail en dyades et comprend l'information pratique, didactique et pédagogique nécessaire à l'enseignant et au technicien en travaux pratiques afin de mener à bien cette séquence.

Afin d'assurer la rigueur de la ressource élaborée et la cohérence avec le cadre conceptuel, un cahier des charges a été mis en place à partir des constats dégagés lors de la recension des écrits scientifiques. Ce cahier des charges a servi de guide et de référence lors du développement de la ressource didactique produite et a aussi aidé au niveau de la validation par les pairs lors de l'évaluation.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	8
PREMIER CHAPITRE. PROBLÉMATIQUE.....	9
1. SITUATION PROFESSIONNELLE À LA BASE DE MA RECHERCHE.....	9
2. LA PROBLÉMATIQUE DE L'EXPÉRIMENTAL DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES: APPORT DES ÉCRITS SCIENTIFIQUES ET PROFESSIONNELS.....	12
3. LE RECOURS À L'EXPÉRIMENTAL : DES PISTES POTENTIELLES.....	14
4. QUESTION DE RECHERCHE.....	16
DEUXIÈME CHAPITRE. CADRE CONCEPTUEL.....	17
1. L'EXPÉRIMENTATION EN SCIENCES : CARACTÉRISTIQUES ET MODALITÉS DE MISE EN OEUVRE.....	17
2. LE CONCEPT DE CIRCUIT ÉLECTRIQUE ET SON ENSEIGNEMENT.....	19
2.1 Difficultés associées à ce concept.....	20
2.2 Les stratégies didactiques de son enseignement.....	21
3. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE.....	24
TROISIÈME CHAPITRE. DEVIS MÉTHODOLOGIQUE.....	26
1. CHOIX DU DEVIS DE RECHERCHE.....	26
2. CAHIER DES CHARGES : UN OUTIL POUR CONTRÔLER L'ÉCART ENTRE CE QUI EST CONÇU ET CE QUI EST ATTENDU.....	27
2.1 Les contraintes du cahier des charges : sélection de situations-problèmes compatibles avec le cadre conceptuel.....	27
2.1.1 La situation doit faire évoluer la pensée.....	28
2.1.2 La situation doit mettre de l'avant un raisonnement scientifique qualitatif mené par l'élève.....	28
2.1.3 La situation doit amener l'élève à utiliser le graphisme scientifique.....	29
2.1.4 La situation doit amener l'élève à utiliser des registres sémiotiques différents.....	29
3. RESSOURCE DIDACTIQUE ÉLABORÉE.....	30
3.1 Identification des notions ciblées du programme.....	30
3.2 Défis électroniques.....	32
3.3 Mise en œuvre.....	32
QUATRIÈME CHAPITRE. LES RÉSULTATS.....	36
1. Rappel du cahier des charges.....	36

1.1	La situation doit créer des obstacles.....	36
1.2	La situation doit mettre de l'avant le raisonnement scientifique de l'élève.....	37
1.3	La situation doit amener l'élève à utiliser le graphisme scientifique.....	37
1.4	La situation doit amener l'élève à utiliser des registres sémiotiques différents.....	37
2.	LA LOGIQUE DIDACTIQUE SOUS-JACENTE À LA SÉQUENCE DE TRAVAUX PRATIQUES.....	38
2.1	Défis un à quatre.....	38
2.2	Défis cinq à huit.....	39
2.3	Défis neuf à onze.....	40
2.4	Défis douze à quinze.....	40
2.5	Défis seize à dix-huit.....	41
2.6	Défis dix-neuf et vingt.....	41
2.7	Description du déroulement global des périodes intégrant les défis.....	42
2.7.1	Période 1.....	42
2.7.2	Période 2.....	42
2.7.3	Période 3.....	43
2.7.4	Période 4.....	43
3.	ÉVALUATION PAR LES PAIRS.....	43
3.1	Les enseignants de sciences au secondaire.....	44
3.2	Les conseillers pédagogiques.....	45
3.3	Les directeurs.....	45
3.4	Les enseignants universitaires.....	45
	CONCLUSION.....	47
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	49
	ANNEXE A. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 1.....	52
	ANNEXE B. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 2.....	56
	ANNEXE C. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 3.....	62
	ANNEXE D. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 4.....	68
	ANNEXE E. CORRIGÉ DES 20 DÉFIS.....	74
	ANNEXE F. DOCUMENT DE PRÉPARATION POUR LE TTP.....	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Savoirs prescrits et compétences à développer tirés de la progression des apprentissages.....	31
------------	---	----

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

PFEQ Programme de formation de l'école québécoise

SAÉ Situation d'apprentissage et d'évaluation

TTP Technicien en travaux pratiques

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes collègues enseignants, techniciens en travaux pratiques, conseillers pédagogiques et directeurs pour leurs encouragements, leurs rétroactions ainsi que leur soutien tout au long de mon parcours à la maîtrise qualifiante en enseignement.

Un immense merci à ma directrice d'essai, la professeure Fatima Bousadra, pour avoir su ce que je voulais faire alors que même moi je n'étais pas au courant, de m'avoir sortie de ma zone de confort au moins mille fois et d'avoir cru en moi alors que j'errais dans le désert, sans eau ni chameau, à la recherche d'un fil conducteur pour mon projet. Merci pour tout!

Un gros merci à ma famille et ma belle-famille pour leurs encouragements à persévérer. Un merci tout spécial à ma plus grande fan, ma mère qui relit tous mes textes depuis dix ans et qui m'explique à chaque fois mes règles de participes passés! Enseignante un jour, enseignante toujours! Merci de me donner des A à chaque fois même si je ne les mérite pas toujours! Merci aussi à mon beau-papa d'amour qui attend avec impatience la fin de la rédaction de mon projet pour en faire sa lecture de chevet!

Finalement, merci à mes trois hommes, mon mari en or et mes deux beaux garçons, pour avoir compris et fait de votre mieux pour m'aider dans mon projet. Vous avez été mes muses et je vous adore!

MERCI!

INTRODUCTION

Les travaux pratiques sont utilisés depuis très longtemps dans le domaine des sciences. Ils ont en effet contribué à confirmer ou réfuter certains débats entre chercheurs et ainsi, ils ont fait progresser le domaine. Leur utilisation dans l'enseignement des sciences occupe une place importante depuis longtemps et permet l'observation directe de plus d'un phénomène pour les jeunes en apprentissage.

L'utilisation de l'expérimentation, non pas seulement comme une activité à visée motivationnelle mais comme un moyen didactique d'acquisition de connaissances scientifiques reste toutefois difficile à assurer. Les situations proposées manquent parfois de résultats concrets pour l'élève et parfois produisent un malaise pour l'enseignant lors de leur utilisation. Le présent projet suggère donc une réflexion approfondie sur l'utilisation des travaux pratiques dans l'enseignement des sciences et technologies au Québec.

La problématique liée au sujet de recherche sera traitée dans le premier chapitre de ce projet: la raison de son choix, le malaise observé lors de ma carrière, l'apport des écrits sur le sujet, des pistes potentielles de solutions ainsi qu'une question de recherche. Sera ensuite abordé, dans le deuxième chapitre, le cadre conceptuel avec les caractéristiques et mise en œuvre des expérimentations en sciences ainsi que l'enseignement du concept de circuit électrique. Le chapitre trois présentera la méthodologie de l'essai, son élaboration ainsi que les modalités de mise en œuvre. Suivra le chapitre quatre présentant les résultats obtenus et l'évaluation de l'essai par les pairs. Le travail se terminera ensuite par une conclusion sur l'apport professionnel de ce projet sur ma qualité d'enseignement.

PREMIER CHAPITRE. PROBLÉMATIQUE

1. SITUATION PROFESSIONNELLE À LA BASE DE LA RECHERCHE

Les recherches en sciences cognitives, en pédagogie et en didactique ont mené à des modèles théoriques et des découvertes sur les modes d'apprentissage des élèves, ce qui a eu pour effet de produire des changements au niveau des pratiques en enseignement. Chacun de ces modèles ayant ses points forts et ses points faibles, les établissements d'enseignement font un choix parmi ceux-ci selon leurs besoins et leurs valeurs. Au Québec, les enseignants ont vécu un renouveau pédagogique majeur en septembre 2004 où le gouvernement a instauré le *Programme de Formation de l'École Québécoise* (MELS, 2014).

Le programme de sciences et technologies intégrera désormais de nouveaux univers (géologie, astronomie, etc.) mais surtout la technologie qui prendra une place plus importante, et ce à tous les niveaux d'enseignement. Par conséquent, les écoles du Québec ont dû investir dans l'ajout de laboratoires-ateliers afin de soutenir l'enseignement de travaux pratiques. Bien que les expérimentations en laboratoire soient depuis longtemps intégrées dans les pratiques pédagogiques, leurs renouvellements devenaient primordiaux. En effet, le développement des apprentissages par l'expérimentation figure parmi les priorités mises de l'avant pour l'apprentissage des notions scientifiques et technologiques liées à l'implantation du PFEQ.

Suite à ces changements curriculaires, l'ajout de personnel technique devenait un incontournable pour la réussite du programme et c'est dans ce contexte que ma carrière de technicienne en travaux pratiques a débuté en janvier 2008. À ce moment, dans l'école où j'étais employée, il y avait beaucoup de travail, beaucoup de nouveautés et aussi beaucoup d'insécurité de

la part des enseignants face à l'intégration du volet technologique et du nouveau programme d'enseignement. Il fallait répondre aux attentes des directions et du Ministère et réaliser des projets rapidement.

Depuis les douze dernières années, mon travail de TTP et mon expérience dans le milieu scolaire m'ont permis de remettre en question la valeur pédagogique de ces nombreuses expériences de laboratoires et projets technologiques. Avec le souci d'atteindre les objectifs fixés par le PFEQ, une énorme pression a été imposée aux différents intervenants du milieu scolaire et il semble que la valeur ajoutée de l'utilisation des expériences dans l'apprentissage des sciences ait parfois été mise de côté. Il m'a été possible de constater ce phénomène lors de l'exécution de certaines situations d'apprentissage et d'évaluation et de m'interroger sur leur réelle pertinence.

En effet, lorsque les enseignants questionnent les élèves sur les notions à l'étude avant et après les travaux pratiques, il est souvent possible de constater qu'il n'existe pas de différence notable au niveau de leurs apprentissages. Prenons par exemple les expériences de laboratoire sur la masse volumique au premier cycle. Les élèves récoltent des données expérimentales concernant la masse et le volume de certains objets mais ils ne sont pas toujours en mesure ensuite de déterminer la masse volumique de ces objets. Ils sont capables d'effectuer les étapes du protocole qui leur est fourni afin de mesurer la masse à l'aide d'une balance et le volume à l'aide d'un cylindre gradué mais l'association de ces données avec la formule de la masse volumique ($mv=m/v$) ne se fait pas. À la base, même les notions de masse (en grammes) et de volume (en millilitres) ne leur semblent pas claires. Ils ne sont alors pas nécessairement capables d'associer la masse volumique à la masse d'un volume déterminé. On constate que l'expérimental a soit renforcé des notions déjà maîtrisées, soit renforcé l'incompréhension de la théorie à l'étude. Pourquoi alors consacrer du temps, des ressources matérielles et humaines à l'élaboration de ce type d'exercices?

Lors de discussions avec des collègues enseignants et techniciens en travaux pratiques, j'ai été en mesure de constater que mon avis n'était pas isolé et que plusieurs d'entre eux étaient plutôt d'accord pour dire que l'utilisation des laboratoires était parfois vue comme une perte de temps. Tous ces projets étant fastidieux à concevoir et à préparer, et il est parfois compliqué d'en produire de nouveaux. L'utilisation de ceux proposés par le Ministère ou le conseiller pédagogique se trouve donc être la solution envisagée. Cependant, malgré les intentions d'apprentissages potentiels annoncés, les activités construites par ces partenaires peuvent demeurer peu significantes aux yeux des élèves. En outre, la planification et la réalisation d'une expérience en classe de sciences avec 32 adolescents, d'une durée de 75 minutes, avec un enseignant et au mieux un TTP est également un défi de taille. Si en plus d'être réalisable, la tâche se doit d'être significative et faciliter les apprentissages, cela signifie beaucoup de travail et de planification.

Tous ces détails et cette planification semblent par contre avoir un coût, sinon le risque de perdre l'intérêt et la motivation des élèves est grand. Faire des travaux pratiques dont le sens échappe aux élèves risque de mener vers un délaissement des sciences, comme en témoignent plusieurs études dont celle de Hasni et Potvin (2015). D'ailleurs, en réponse à ces préoccupations, des programmes (par exemple, *Place aux Sciences!*) travaillent à faire connaître les sciences et attirer plus de jeunes dans une carrière scientifique. De plus, il est aussi important de ne pas perdre la motivation des élèves, particulièrement des garçons, car des efforts considérables sont déployés à ce niveau pour contrer le décrochage scolaire. Négliger l'importance des travaux pratiques dans l'enseignement des sciences serait une erreur stratégique pour le domaine scientifique et aussi pour la société, l'objectif premier étant de développer des citoyens compétents qui contribuent à la vie communautaire. De plus, si le Québec veut compter parmi ses citoyens des scientifiques qui

participent aux progrès et avancées technologiques, il est à son avantage de se préoccuper de la formation de ses futurs chercheurs.

2. LA PROBLÉMATIQUE DE L'EXPÉRIMENTAL DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES : APPORT DES ÉCRITS SCIENTIFIQUES ET PROFESSIONNELS

Depuis quelques décennies, plusieurs auteurs se sont intéressés à la place de l'expérimental dans l'enseignement des sciences. Braund (2006) se dit même inquiet de voir dans quel état lamentable se trouve l'éducation des sciences dans plusieurs pays industrialisés. Une première analyse de textes publiés a permis de faire ressortir certains thèmes récurrents qui seront traités dans les prochaines lignes.

Les auteurs spécialistes en enseignement des sciences s'entendent globalement sur le caractère central des expérimentations pour l'apprentissage des savoirs scientifiques. En ce sens, Donnelly (1998) évoque qu'un enseignement en alternance entre théorie et expérimentation permet de conserver l'intérêt des élèves et consolider les savoirs. Emslie (1971) suggère pour sa part d'adopter une séquence théorie-laboratoire ou laboratoire-théorie dans l'enseignement des sciences. Hofstein et Lunetta (1982) proposent même qu'il devrait toujours y avoir une partie consacrée au laboratoire dans tous les cours de sciences. Pour leur part, Develay (1989) et Peterfalvi (1988) soutiennent que l'apprentissage de la démarche expérimentale ainsi que l'utilisation des schémas et outils graphiques lors de travaux pratiques profiteraient au développement du raisonnement et aideraient à anticiper les tâches à réaliser.

D'autres auteurs s'interrogent aussi sur l'utilité réelle de conduire des travaux pratiques dirigés construits de toutes pièces par l'enseignant et qui ne stimulent pas spécifiquement la découverte et la curiosité scientifique de l'enfant. Gohau (1987) va même jusqu'à proposer aux

écoles de se contenter de préserver cet esprit de découverte chez l'enfant sans en faire davantage. Johsua (1989) abonde en ce sens en affirmant que la redécouverte expérimentale de certaines grandes découvertes n'apporterait pas de bénéfices pédagogiques notables. Hofstein et Lunetta (1980) remettent en cause la formation des enseignants quant à l'utilisation efficace des travaux pratiques dans leur enseignement. Ils indiquent que seulement quelques-uns d'entre eux sont compétents pour exploiter les laboratoires au profit des apprentissages. Selon ces mêmes auteurs, l'approche inductive devrait guider l'utilisation de l'expérimental dans l'enseignement afin de laisser les élèves être au centre de leur processus de recherche. Selon ces auteurs, ce n'est qu'à cette condition que la valeur pédagogique des travaux pratiques peut être atteinte. McComas (2005) suggère lui aussi d'utiliser cette approche afin d'introduire les concepts plutôt que de faire suivre la théorie par une expérience ressemblant à une recette de cuisine où il ne faut que suivre les étapes toutes préparées à l'avance.

Pour ce qui a trait aux stratégies didactiques à utiliser pour la présentation des travaux pratiques, plusieurs auteurs, comme Gohau (1987), Johsua (1989), Hofstein et Lunetta (1980), suggèrent de laisser de côté les modèles de manipulations clé en main qui n'apportent pas de notions de découvertes expérimentales. Selon eux, en amenant l'élève à procéder par tâtonnement et investigation sur un problème, cela lui permettra de maîtriser davantage les phénomènes scientifiques ou les solutions technologiques, ce que les projets proposés traditionnellement facilitent moins.

L'intégration des nouvelles technologies de l'information et des communications dans les pratiques expérimentales devrait être envisagée, particulièrement pour soutenir le développement des compétences du XXI^e siècle chez les élèves. Toutefois, Beaufils, Richoux et Camguilhem (1999) nous mettent en garde d'une mauvaise utilisation du numérique. Ces outils devraient mener

à la création de contenus novateurs en plus de moderniser la prise d'informations et les observations. Ne pas introduire de façon adéquate les nouvelles technologies, qui se retrouvent au cœur de la vie des jeunes d'aujourd'hui, semble être inquiétant pour ces auteurs. Si les jeunes perçoivent les sciences comme désuètes et loin de leur quotidien, ils ne s'inscriront pas dans des programmes scientifiques.

Malgré toutes ces réalités et ces éléments dont il faut tenir compte lors de la mise en place d'expérimentations dans le cadre de l'enseignement des sciences, il semble possible de tenir des travaux pratiques formateurs et signifiants pour l'apprentissage des élèves mais il convient de procéder de manière rigoureuse. En effet, les auteurs consultés soulignent le fait que l'expérimental est bénéfique pour l'apprentissage des élèves, mais pas de la façon la plupart du temps proposée par les enseignants, soit stricte et dirigée. L'élève doit plutôt concevoir lui-même, ou du moins saisir le sens des activités structurant l'expérimentation afin de tâtonner et de construire ses savoirs.

3. LE RECOURS À L'EXPÉRIMENTAL : DES PISTES POTENTIELLES

À la lumière de toutes ces observations, il convient de creuser le problème pour en dégager des pistes de solutions afin d'améliorer le rôle des travaux pratiques dans l'enseignement des sciences et de la technologie. Comment intégrer de façon constructive les manipulations expérimentales dans les cours de sciences et technologie au secondaire? Comment concilier les contraintes techniques, matérielles et spatiales, les ressources disponibles ainsi que les notions à l'étude pour en arriver à réaliser des activités porteuses d'apprentissages disciplinaires probantes pour les élèves?

Étant donné l'importance que représente l'acquisition de connaissances par l'action dans les visées du PFEQ, il est légitime d'essayer d'exploiter les travaux pratiques à leur plein potentiel dans

le cadre de l'enseignement des sciences et technologies au secondaire. La quantité n'étant pas synonyme de succès, il ne faut pas tomber dans le piège de faire des laboratoires pour faire des laboratoires, mais plutôt de concevoir quelques situations qui seront significatives autant au niveau de l'acquisition de connaissances que du développement de la passion pour le domaine scientifique. Les études consultées montrent que l'utilisation de l'expérimental n'est pas en soi la source du problème dans l'enseignement des sciences mais bien la façon généralement inadéquate de l'inclure et le type de travaux pratiques proposés.

Il serait cependant irréaliste de penser pouvoir corriger l'ensemble des pratiques expérimentales dans le cadre de la rédaction d'un seul et unique projet de recherche. Chaque savoir ayant ses particularités, il n'est pas possible de produire une méthode universelle pour toutes les formes de travaux pratiques. Il convient donc de réduire le champ d'étude à un domaine et un sujet précis. Depuis plusieurs années, j'ai été en mesure de remarquer, dans le cadre de mes fonctions de TTP, que les élèves ont beaucoup de difficultés à assimiler les concepts liés aux circuits électriques dans le cadre du cours de 4^e secondaire en sciences et technologies. Même à la suite de plusieurs périodes de manipulations des circuits en série ou en parallèle, de la source de tension, des résistances, des ampoules et interrupteurs, la plupart des élèves ne maîtrisent pas davantage les notions de circuits électriques qu'avant la réalisation de ces travaux pratiques. Les étudiants ont appris comment utiliser le matériel fourni mais ne semblent pas être en mesure d'expliquer et de comprendre les phénomènes observés. Il y aurait donc un problème dans la présentation ou la conception de l'expérimentation proposée.

4. QUESTION DE RECHERCHE

Suite à cette première réflexion, il est possible de dire que l'utilisation des travaux pratiques et la place qu'ils occupent au niveau de l'enseignement des sciences ne sont pas optimales. Ayant le désir et le souci de participer à l'amélioration de cette situation problématique dans le cadre de l'apprentissage des notions liées au champ de l'électricité inscrit au programme de sciences et technologies de 4^e secondaire, et au concept de circuit électrique plus précisément, la question générale qui oriente ce projet s'énonce comme suit :

- Comment doit-on pédagogiquement construire les travaux pratiques liés aux notions de circuits électriques de sciences et technologies de 4^e secondaire afin d'optimiser la compréhension par les élèves des phénomènes observés?

C'est donc à partir de cette question que nous débuterons l'élaboration de notre recherche. Notre objectif est de déterminer le type d'expérimentation à proposer aux élèves afin de favoriser le développement de leurs compétences en électricité en plus de les intéresser à une carrière scientifique, ou du moins, à développer leur intérêt et une curiosité pour ce domaine.

DEUXIÈME CHAPITRE. CADRE CONCEPTUEL

Afin de bien encadrer notre sujet de recherche et de s'assurer de la conservation logique de nos idées, les concepts importants pour la réalisation de l'essai sont présentés dans la section suivante.

1. L'EXPÉRIMENTATION EN SCIENCES : CARACTÉRISTIQUES ET MODALITÉS DE MISE EN OEUVRE

Un principe qui est associé à l'expérimental dans les écrits scientifiques est celui de l'induction. Le processus inductif signifie qu'une observation particulière permet de généraliser un phénomène. Inversement, le processus déductif est présent lorsqu'une généralité est appliquée à un cas particulier. On peut ici associer la déduction au procédé qui consiste à partir d'une loi ou d'un modèle théorique déjà établi et à l'appliquer à des données dans un contexte particulier. Souvent, c'est à ce moment que l'expérimentation entre en scène avec un cas qui représente la théorie expliquée auparavant. À l'inverse, dans un mode inductif, l'expérimentation peut servir à dégager un cas particulier qui permettra ensuite de généraliser un modèle théorique. Comme nous l'avons souligné dans le chapitre précédent, plusieurs auteurs ont démontré que les expérimentations proposées par les enseignants sont placées généralement en fin de cours pour déduire la théorie, ce qui ne maximise pas toujours le potentiel formateur des travaux pratiques. Ayant un impact direct sur la qualité de l'apprentissage, il faut donc tenir compte de ce processus afin de déterminer quels travaux pratiques choisir selon l'intention pédagogique.

Develay (1989) et Peterfalvi (1988) démontrent que la démarche expérimentale permet à l'élève de développer des méthodes de travail efficaces. Cette démarche se compose des étapes

suivantes : d'un problème qui sert d'élément déclencheur, d'une formulation par l'élève d'une hypothèse de départ, d'un protocole de recherche duquel découle une liste de matériel, d'une prise de données et de leur analyse qui permettent d'expliquer le ou les phénomènes observés et d'une conclusion. Ce processus inductif incite l'élève à utiliser une méthode de travail efficace qui lui sera utile dans tous ses cours et qui l'aidera à structurer ses idées dans ses projets. La démarche expérimentale sera donc le concept qui sera au cœur de notre recherche.

Une notion aussi qui est fréquemment présente dans les écrits consultés est celle de l'apprentissage par l'action. C'est cette idée qui guide cette recherche. En effet, c'est en assumant que l'élève apprend davantage lorsqu'il manipule par lui-même pour découvrir et construire ses savoirs que nous basons le sujet de recherche. Si l'élève développait ses connaissances plus facilement en assistant à l'exposé magistral du maître, il n'y aurait aucune raison d'essayer d'améliorer la qualité de l'expérimentation proposée aux étudiants. Cette recherche n'aurait alors pas lieu d'être.

La construction des savoirs par la découverte que permet l'expérimentation devient donc centrale dans la conception de travaux pratiques de qualité. La notion de découverte suscite la curiosité chez l'élève et le motive à acquérir de nouveaux savoirs. L'aspect constructiviste de l'expérimentation assure l'intégration des nouveaux savoirs au bagage de l'élève. Ce savoir construit sera plus durable parce qu'il nécessite que l'élève soit actif dans le processus. Il est raisonnable ici de penser que la combinaison de ces deux éléments par le biais de l'expérimentation soit bénéfique et que par conséquent une approche inductive représente une valeur ajoutée pour l'apprentissage des sciences et technologies.

On parle d'expérimentations, d'expériences, de laboratoires, de manipulations et plus récemment de travaux pratiques. Toutes ces expressions désignent le fait de toucher, sentir et manier des objets afin d'apprendre par la pratique. Nous devons déterminer comment ces expérimentations devront être encadrées afin d'en retirer un potentiel pédagogique qui permettra à l'élève de s'instruire par lui-même par la pratique.

Concept assez général, les travaux pratiques peuvent se refléter dans plusieurs projets: conception d'un prototype avec plan et devis, investigation scientifique par la manipulation en laboratoire avec verrerie et produits chimiques, analyse d'un objet technique ou encore vulgarisation d'une problématique de recherche. Le choix préalable des intentions pédagogiques poursuivies par la réalisation de travaux pratiques nous permettra de mieux cibler les objectifs à atteindre, de minimiser les pertes de temps et d'éviter de s'éparpiller.

Tel qu'il a été mentionné précédemment, l'expérimentation permet une meilleure assimilation des notions théoriques à l'étude mais, en plus, elle permet d'acquérir des compétences techniques. Il est possible de proposer aux élèves des activités expérimentales fermées et déjà construites ou ouvertes où il y a place à l'improvisation. Tel que le mentionne Astolfi (1998), les expériences ouvertes auraient une fonction irremplaçable dans l'appropriation concrète des objets à l'étude.

2. LE CONCEPT DE CIRCUIT ÉLECTRIQUE ET SON ENSEIGNEMENT

De façon plus spécifique à notre question de recherche, voici le cadre conceptuel lié à l'enseignement des circuits électriques en sciences et technologie de 4^e secondaire et les défis à relever.

2.1 Les difficultés associées à ce concept

Le concept de circuit électrique est abstrait, ce qui rend difficile sa compréhension. Malgré le fait qu'il est possible d'effectuer de nombreuses expériences et manipulations, on ne pourra jamais voir le courant électrique ni en visualiser les composantes. Le nombre important de concepts connexes en lien avec l'électricité est aussi une source de difficulté lors de l'apprentissage. Ainsi, les élèves ont à maîtriser les notions de charge, d'intensité du courant, d'énergie, de champ électrique. Missonnier et Closset (2004) ont d'ailleurs démontré que la plupart des élèves ne maîtrisent pas les concepts de circuit, de circulation et de différence de potentiel.

Les préconceptions de l'élève s'avèrent être une des principales difficultés rencontrées lors de l'apprentissage des notions d'électricité. En effet, ce dernier possède des connaissances, accumulées tout au long de ses expériences de vie, qui font obstacle à la compréhension des concepts en électricité. Dès le jeune âge, les enfants sont en présence de phénomènes électriques (lumière, pile, etc.) et se construisent des réponses face à leurs observations (Closset, 1989). Étant donné le côté abstrait et non tangible de l'électricité, l'étudiant cherche à expliquer ses observations à l'aide de sa logique et de ses connaissances antérieures, ce qui ne représente souvent pas la réalité. Ce premier raisonnement dit « naturel » ou « séquentiel » sera donc confronté aux premières notions de circuits électriques. Closset (1989) observe que ce raisonnement disparaît avec le niveau d'enseignement lors de situations connues mais qu'il se manifeste à nouveau lors d'une situation non familière. De leur côté, Métioui et Levasseur (2011) observent que plusieurs élèves « ont conservé des représentations « naïves » des notions d'intensité et de tension malgré un enseignement formel. » (p.156). La résistance de ce raisonnement semble alors avoir un impact négatif sur l'enseignement et perdurer malgré le niveau d'enseignement des étudiants (Closset, 1989). Robardet (1997) démontre même que « ces conceptions, largement présentes chez les élèves

et les étudiants, étaient susceptibles de s'ériger en obstacles épistémologiques » (p.61) à l'enseignement. L'enseignant doit donc amener l'élève à confronter ses propres conceptions s'il veut le faire cheminer dans ses réflexions et ses apprentissages.

Une autre problématique didactique découle du fait que « expérience et théorie n'entretiennent pas de stricts rapports d'antériorité, mais s'entremêlent, se nourrissent réciproquement d'une manière assurément complexe. » (Johsua, 1989, p. 33). Il n'est pas toujours possible de lier l'expérimental et la théorie sans coupure, c'est pourquoi lorsqu'on débute une nouvelle notion par une expérience, il faut inévitablement créer une coupure entre les nouvelles connaissances à acquérir et les manipulations afin de permettre à l'élève de construire ses savoirs. S'il s'agit en plus de notions électriques, il est préférable d'assurer la compréhension des concepts de base tels que circuit, circulation, différence de potentiel, comme nous le suggèrent Missonnier et Closset (2004).

2.2 Les stratégies didactiques de son enseignement

Une stratégie employée en mathématiques et en sciences est de concevoir une situation « a-didactique » qui relie l'élève, l'enseignant et le milieu. Robardet (1997) propose une situation de jeu de résistors, où « le rôle de l'enseignant consiste tout d'abord à construire et à organiser le milieu par contextualisation du savoir en jeu afin de produire sur l'élève les effets attendus. » (p.63) Il y a donc dans ce type d'enseignement un transfert de responsabilité du maître vers l'élève pour la construction de connaissances (Robardet, 1997). Le bienfait de ce type d'intervention est « caractérisé par l'interaction privilégiée entre l'élève et le milieu, interaction réglée par les contraintes du milieu et non directement par l'enseignant. » (Robardet, 1997, p. 69). L'enseignant pourra ensuite utiliser les outils acquis lors de l'activité afin de consolider les nouvelles

connaissances construites. Ici, Robardet (1997) propose d'effectuer avec les élèves des résolutions de situations-problèmes de plus en plus complexes qui permettent la construction d'un modèle par étapes. Chaque nouvelle situation amenant un nouveau modèle plus complet et l'ajout d'éléments théoriques petit à petit.

Missonnier et Closset (2004) se sont attardés sur les représentations en électrocinétique et ont voulu établir une démarche d'apprentissage significative pour l'élève. Ils optent pour développer un apprentissage de type constructiviste où « un apprentissage serait une construction à partir des représentations et des structures cognitives, en interaction avec l'environnement. » (Missonnier et Closset, 2004, p. 67). Pour ce faire, ils proposent de mettre l'élève en action et de l'aider à s'approprier les nouvelles connaissances. Comme Robardet (1997), Missonnier et Closset (2004) suggèrent la résolution de situations-problèmes mais soulignent l'importance que ces situations aient un sens pour l'élève afin de produire des pistes de solutions qui pourront ensuite être réinvesties par une transposition didactique. L'enseignant pourra par la suite utiliser l'expérimental afin de transposer les nouveaux savoirs scientifiques qui y ont été acquis en savoirs scolaires liés aux concepts obligatoires du programme. D'un autre côté, Missonnier et Closset (2004) soulignent l'importance de l'expérimental afin de briser des représentations initiales fausses et faire naître la curiosité de l'élève ainsi que le besoin d'en savoir davantage et d'acquérir l'explication juste sur le phénomène en question. Ils proposent donc un système de séquences qui permet à l'élève de tester ses hypothèses de façon expérimentale pour ensuite être en mesure de s'approprier de nouvelles connaissances.

Closset (1992) propose d'utiliser les circuits hydrauliques comme stratégie didactique afin de faciliter l'acquisition du concept de circulation de l'électricité et de la différence de potentiel. Malheureusement, Closset (1992) arrive à la conclusion que les élèves éprouvent quand même

autant de difficultés dans l'apprentissage du circuit hydraulique que du circuit électrique. Par contre, il suggère de débiter l'enseignement par l'étude des circuits hydrauliques pour faciliter la compréhension des circuits électriques car « l'eau est une substance concrète et se prête bien à l'expérimentation : on peut visualiser le débit et les différences de pression sont aisément observables. » (Closset, 1992, p. 154). Sarrazin et Genzling (1988) proposent aussi d'utiliser le modèle hydraulique pour la compréhension de la constance de l'intensité dans tout le circuit électrique mais suggèrent un modèle particulière pour le sens du courant et sa variation en intensité. Dans la même lignée que Robardet (1997), Closset (1992) souligne l'importance des modes de raisonnements des élèves dans leur apprentissage et donne le nom de « chemin cognitif » au passage entre chaque mode menant à l'assimilation des nouvelles connaissances. L'élève débiterait avec le raisonnement local pour ensuite passer au raisonnement séquentiel, à courant constant et enfin à celui de systémique, qui est celui attendu. Il y aurait donc une hiérarchie dans les différents raisonnements qui constituerait « un passage obligé dans la construction de la connaissance scientifique de nos élèves et de nos étudiants. » (Closset, 1992, p. 155).

Canal (1988) prône lui aussi la résolution d'une série de situations-problèmes afin de faire progresser la réflexion des élèves et les amener à construire leurs connaissances en électricité par une démarche de modélisation. Il distingue deux modes de raisonnement soit, par analogies et différences ou du concret vers l'abstrait. La série de problèmes proposée aux élèves permet donc de faire évoluer leur raisonnement en comparant les similitudes et les différences de chacune afin d'ajouter de nouvelles connaissances au fur et à mesure. Tandis que le modèle joue un rôle de facilitateur qui permet de passer du concret vers l'abstrait car « plus l'enfant est jeune, plus il a besoin d'un modèle concret proche de son propre environnement. » (Canal, 1988, p. 87). Selon Canal (1988), l'élève doit pratiquer un certain nombre d'exercices afin de progresser et d'acquérir

la « maturité intellectuelle » nécessaire à la bonne compréhension des notions électriques à l'étude. En effet, il semblerait que « l'utilisation précoce de ces théorèmes et de ces méthodes favorise l'émergence de raisonnements erronés. » (Métoui et Levasseur, 2011, p. 172).

Tous les auteurs cités semblent être du même avis et prioriser l'utilisation de modèles ou de situations-problèmes pour « faire évoluer les représentations des élèves concernant le courant électrique. » (Sarrazin et Genzling, 1988, p. 119). Métoui et Levasseur (2011) suggèrent aussi de simplifier car « tous les problèmes de circuits électriques peuvent se résoudre par l'application successive des lois de Kirchhoff et des caractéristiques intensité-tension des composants (loi d'Ohm et autres) » (p.172). « Un enseignement de la théorie des circuits qui insisterait sur ces lois fondamentales, tout en reportant l'utilisation des théorèmes et des méthodes mathématiques de résolution de circuits, favoriserait sans doute un meilleur développement des concepts d'intensité et de tension. » (Métoui et Levasseur, 2011, p. 173).

3. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE

Suite à cette recension des écrits, il est possible de constater que certains éléments sont incontournables dans la production de travaux pratiques signifiants pour la compréhension de l'électricité chez les élèves. Le présent travail a donc pour but principal de produire une ressource didactique pratique et de déterminer quels sont les éléments essentiels à prendre en considération lors de l'élaboration des travaux pratiques en électricité. L'expérimental ayant beaucoup de potentiel formateur, l'objectif de notre recherche est d'explorer les avenues didactiques porteuses qui permettront d'exprimer l'ensemble du potentiel du volet pratique de l'enseignement des sciences et technologies. La personne en charge de l'enseignement du concept de circuit électrique, inscrit au programme de sciences et technologies de 4^e secondaire, pourra donc utiliser la ressource

didactique produite afin d'amener ses élèves à s'approprier les notions souvent plus abstraites liées au domaine de l'électricité par le biais de l'utilisation des travaux pratiques. Cette ressource visant la confrontation des idées préconçues avec la réalité et l'évolution des connaissances vers la construction de nouveaux savoirs.

TROISIÈME CHAPITRE. DEVIS MÉTHODOLOGIQUE

La méthode privilégiée pour la réalisation de cette recherche a été déterminée en se basant sur le document produit par Paillé (2007), présentant un bassin de douze devis méthodologiques potentiels à considérer.

1. CHOIX DU DEVIS DE RECHERCHE

Après avoir bien analysé plusieurs devis et considérant certaines contraintes méthodologiques liées à l'accès difficile à une classe au moment de l'élaboration de la méthodologie de ma recherche, c'est le devis de la production de matériel pédagogique qui a été retenu pour l'essai. Paillé (2007) divise ce type de processus aboutissant à la production de matériel pédagogique en sept étapes, débutant par l'analyse conceptuelle et le choix du matériel produit, pour ensuite poursuivre avec sa réalisation et finalement par la mise à l'essai et l'analyse réflexive. Ce type d'essai a pour but de produire, de façon scientifique, du matériel pédagogique de qualité afin d'aider les enseignants dans leurs pratiques pédagogiques mais aussi de faire avancer les connaissances actuelles de la communauté des professionnels de l'enseignement (Paillé, 2007). Il est à noter que le matériel produit sera considéré comme didactique en raison des fondements et des réflexions liés au cadre conceptuel adopté lors de sa réalisation. Ce choix correspond donc à mon désir de faire un essai utile pour les enseignants et, en plus, il permettra d'augmenter les connaissances didactiques au niveau des travaux pratiques dans le domaine de la recherche en sciences et technologies.

Le matériel produit est une ressource didactique qui peut être utilisée par un enseignant de sciences de 4e secondaire désirant présenter à ses élèves une séquence d'apprentissage en lien avec

la notion de circuit électrique. L'activité choisie s'appuie sur des recherches expérimentales portant sur les apprentissages des élèves en lien avec ce concept (Potvin, 2011). Ce chercheur et ses collaborateurs ont proposé une série de défis électriques à relever par l'élève ayant pour but de faire évoluer la pensée de l'élève et modifier ses conceptions. Il est à préciser que l'apport didactique de la présente recherche concerne l'utilisation de ces défis dans une séquence d'apprentissage didactique et non une remise en question de leurs conceptions. L'énoncé de chacun des défis retenus n'est donc pas modifié mais bel et bien présenté tel que conçu initialement. Nous présentons dans ce qui suit l'argumentaire qui a guidé de tels choix.

2. CAHIER DES CHARGES : UN OUTIL POUR CONTRÔLER L'ÉCART ENTRE CE QUI EST CONÇU ET CE QUI EST ATTENDU

L'élaboration d'un cahier des charges a été choisie afin de structurer la ressource produite et en assurer la constance. En effet, cet outil procédural nous a permis de valider les choix effectués tout au long de la recherche et de maintenir le lien entre le cadre conceptuel et le résultat attendu.

2.1 LES CONTRAINTES DU CAHIER DES CHARGES : SÉLECTION DE SITUATIONS-PROBLÈMES COMPATIBLES AVEC LE CADRE CONCEPTUEL

En conformité avec le cadre conceptuel retenu, nous avons montré que la présentation d'une série de situations-problèmes favorise la construction des savoirs en électricité chez l'élève. Nous avons ainsi décidé d'intégrer une série de défis électroniques conçus et validés auprès des élèves québécois par un chercheur en didactique des sciences (Potvin, 2011) dans la conception de notre ressource didactique dédiée aux enseignants de sciences au secondaire. Les raisons de ce choix seront énumérées dans la section suivante et présenteront les éléments du cahier des charges ayant mené à la conception de notre recherche.

2.1.1 *La situation doit faire évoluer la pensée*

Tel que mentionné dans le cadre conceptuel, plusieurs auteurs (Canal (1988), Robardet (1997), Closset (1989)) indiquent que la résolution d'une série de situations-problèmes permet une évolution de la pensée et la modification des raisonnements instinctifs erronés. Les 40 défis sélectionnés ont justement été conçus afin de favoriser cette évolution cognitive et permettre le choc des idées afin de modéliser et de créer le conflit nécessaire à la transformation des connaissances antérieures inexacts en construction de savoirs scientifiques cohérents. Ici, il n'est donc pas question de produire de nouveaux défis mais bien de les utiliser de manière didactique et d'optimiser leur potentiel formateur. Il est donc attendu que l'élève transforme sa pensée pendant la réalisation de cette situation d'apprentissage.

2.1.2 *La situation doit mettre de l'avant un raisonnement scientifique qualitatif mené par l'élève*

Tout au long de ce travail, les travaux pratiques ont été au centre de l'intention de recherche et c'est pourquoi le choix des défis électroniques a semblé être de mise comme base pour le matériel produit. L'idée ici est de favoriser le travail scientifique par l'action et non seulement par l'emploi de la démarche scientifique classique utilisée souvent dans le cadre de la conception de travaux pratiques (hypothèse, méthodologie, résultats et conclusion). Comme le mentionne Astolfi (1998), l'expérimentation permet à l'élève « de manipuler du matériel, de s'initier à des techniques, de prendre en main des instruments, donc d'éprouver la consistance et la résistance du réel. » (p.110). L'utilisation de défis à relever permet donc un travail expérimental qui provoque la réflexion et la confrontation des idées préconçues sans les contraintes mathématiques de calculs ou encore l'imposition d'un protocole à suivre. Seulement quelques consignes de départ sont imposées afin de permettre le bon déroulement de l'activité ainsi que l'utilisation adéquate du matériel. Il est donc

attendu que l'élève s'investisse dans l'accomplissement de cette tâche et développe un raisonnement scientifique car la réussite des défis est tributaire de l'agencement correct des composantes de chaque montage. Notons également que la situation anticipe que l'élève va tâtonner. Il ne pourra pas réussir par hasard, mais seulement lorsqu'il aura saisi quelques règles du fonctionnement d'un circuit électriques (montage en parallèle, montage en série, etc.).

2.1.3 La situation doit amener l'élève à utiliser le graphisme scientifique

Étant donné que l'écriture est un excellent moyen de construire et d'ancrer de nouvelles connaissances, la situation choisie doit préférablement inclure une portion graphique. Pour l'acquisition à long terme de nouvelles connaissances, « l'écrit rend possibles les retours et les mises en relation avec ce qui a déjà été fait. » (Astolfi, 1998, p.172) et aussi d'alléger la mémoire de travail en permettant « de conserver disponible, au cours d'une activité ou d'un raisonnement, ce qui dépasse les limites de l'espace mental de traitement de l'information. » (Astolfi, 1998, p.172). En plus de permettre de structurer la pensée, l'écriture ou la schématisation amène donc l'élève à communiquer de façon scientifique avec le langage et le graphisme appropriés. La portion graphisme étant un aspect important lors de l'étude des circuits électriques, il est attendu que l'élève utilise adéquatement le code graphique des composantes d'un circuit électrique (Annexe B) et s'en approprie son utilisation.

2.1.4 La situation doit amener l'élève à utiliser des registres sémiotiques différents

L'élève doit être en mesure d'expérimenter et de voir les résultats concrets de chaque montage afin de mettre en évidence les contradictions de son raisonnement mais surtout il doit être en mesure de faire le lien entre les composantes matérielles, le code schématique et les lois de la physique en jeu. Non seulement les connaissances techniques doivent être acquises mais elles

doivent aussi être mises en relation avec leur représentation scientifique. Tel que le mentionne Astolfi (1998) : « Les exigences spécifiques du code en font un instrument irremplaçable de la conceptualisation. » (p.172). Il est donc attendu que l'élève puisse évoluer d'un registre à l'autre en faisant des liens entre les différents codes d'utilisation de chacun des registres durant cette tâche.

3. RESSOURCE DIDACTIQUE ÉLABORÉE

Considérant le précédent cahier des charges ainsi que le cadre conceptuel élaboré au chapitre précédent, voici les étapes ayant mené à l'élaboration de la ressource didactique de notre recherche.

3.1 Identification des notions ciblées du programme

La première étape du processus consiste à examiner en profondeur le programme de formation pour situer exactement les contenus qui sont traités. Comme nous l'avons souligné précédemment, nous souhaitons que notre ressource soit utilisée par les enseignants, il est donc important de respecter le programme officiel. Ainsi, on retrouve dans la section du programme qui porte sur l'électricité et l'électromagnétisme des connaissances à acquérir sur les circuits électriques. C'est à partir de ce sujet spécifique du programme que le matériel didactique est produit en mettant l'accent sur la représentation schématique et la compréhension de la fonction des différentes composantes du circuit électrique. Plus spécifiquement, les intentions d'apprentissage sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1. Savoirs prescrits et compétences à développer tirés du document de la progression des apprentissages.

Concepts généraux abordés	Langages des lignes	Électricité
Concepts prescrits abordés	Standards et représentations : schéma et symboles	Circuit électrique
Catégories de techniques	Langage graphique	Fabrication
Techniques prescrites abordées	Schématisation	Montage et démontage Utilisation sécuritaire du matériel
Compétences disciplinaires visées	Chercher des réponses et des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.	Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.
Compétences transversales développées	Se donner des méthodes de travail efficaces Communiquer de façon appropriée	Résoudre des problèmes

Source. MELs, 2014.

Ayant maintenant cadré la ressource au niveau du cursus scolaire, nous sommes en mesure de la rendre signifiante pour l'enseignant utilisateur et consolider la valeur pratique de notre recherche et son potentiel à être utilisé dans la pratique courante en classe. Voyons donc exactement en quoi consiste la ressource produite de notre recherche.

3.2 Défis électroniques

Tel que mentionné précédemment, les défis électroniques du professeur Potvin (2011) ont été sélectionnés comme base du matériel didactique produit. Le but ici n'étant pas d'adapter le travail du professeur Potvin (2011) mais plutôt de l'utiliser comme prétexte à la réalisation d'un travail didactique. En effet, les 40 défis ont été structurés avec une évolution réflexive prédéterminée et le travail de conception réalisé pour mettre en place cette séquence de situations-problèmes nous servira pour le présent travail. Cependant, pour des raisons de logistique mais surtout afin de respecter les exigences du programme scolaire présenté précédemment, seulement les 20 premiers défis sont retenus pour la production de notre matériel didactique. En effet, il est possible de constater que les 20 derniers défis, non sélectionnés, s'adressent plutôt à une clientèle adulte ou encore inscrite à des études post-secondaires. Notre ressource utilise donc les 20 premiers défis sans aucune modification des énoncés initiaux ni changement dans l'ordre chronologique de présentation (Annexe A).

3.3 Mise en œuvre

L'activité présentée ici se déroule en quatre périodes de 70 minutes. Le travail proposé aux élèves s'effectue en dyade et demande la présence de l'enseignant et idéalement d'un technicien en travaux pratiques. Voici les activités détaillées proposées pour chacune des périodes d'enseignement. Il est très important de mentionner que la séquence didactique explicitée dans les

prochaines pages se doit d'être réalisée dans son ensemble et ce sans modification afin de ne pas dénaturer l'apport didactique recherché. Il n'est donc pas possible d'en réduire la tâche ou d'en modifier le contenu sans compromettre la valeur didactique attendue.

La première période est réservée à la résolution par manipulations des 20 défis avec le matériel fourni (Annexe A). En début de période, l'enseignant présente le travail demandé et donne quelques consignes et règlements pratiques pour son bon déroulement (Annexe A). Ces directives servent surtout à éviter les bris de matériel et non à expliquer la façon de résoudre chacun des défis. L'enseignant doit aussi présenter le matériel disponible et identifier chaque item afin qu'il n'y ait pas de difficultés liées à la reconnaissance des composantes électroniques. Par la suite, les élèves doivent construire, en équipe de deux, les montages répondant aux exigences de chaque défi. Ils doivent obligatoirement obtenir l'homologation de l'enseignant ou du technicien avant de passer au défi suivant, plus difficile que le précédent.

Les élèves doivent être en mesure de résoudre les 20 défis dans les 60 minutes de temps alloué, considérant les quelques minutes nécessaires au démarrage de l'activité. Lors de cette période, chaque équipe travaille à un poste équipé de tout le matériel disponible et lève la main pour approbation lorsque le défi semble résolu. À cette étape de la séquence, l'enseignant doit être en retrait et permettre à l'élève d'explorer les défis proposés par lui-même. Il procède seulement à l'approbation des défis et soutient au besoin les équipes qui rencontrent des problèmes de résolution plus importants et procure l'aide requise pour la poursuite du défi. Il est conseillé de former les équipes de travail et de jumeler un élève avec des difficultés d'apprentissage avec un élève ayant de la facilité. Ceci permettra un travail coopératif et une meilleure chance de terminer la totalité des défis. Si jamais il y a quand même des équipes qui rencontrent des difficultés lors des premiers défis, il est aussi possible de les jumeler avec une équipe qui progresse bien afin de faire vivre une

réussite et éviter les découragements. Attention par contre d'avertir les élèves de cette situation temporaire car ils reviendront en équipe de deux lors des périodes suivantes et doivent donc travailler pour résoudre les défis par eux-mêmes.

Lors de la deuxième période, les élèves doivent schématiser sur papier les circuits obtenus lors de la résolution des défis (Annexe B). Pour ce faire, chaque équipe a à sa disposition le même matériel que précédemment afin de refaire le montage du circuit pour chaque défi. Cette fois-ci par contre, avant de passer au défi suivant, ils doivent non seulement faire valider le montage réalisé avec les composantes électriques mais aussi le schéma sur papier. Le travail de l'enseignant sera encore ici d'accompagnateur mais cette fois-ci de façon plus active car les difficultés attendues seront plus nombreuses. Il est suggéré à cette étape de retirer un fil dans le montage des composantes afin de faire réaliser à l'élève, lors des interventions individualisées, l'importance de tous les éléments de la représentation graphique.

Lors de la troisième période, l'élève devra cette fois-ci schématiser les 20 défis sans réaliser le montage correspondant (Annexe C). Pour cette activité, chaque équipe pourra observer les montages déjà effectués. Pour cette période, il est suggéré de faire 16 postes de travail où les élèves circulent à tour de rôle pour dessiner les circuits représentés. Les circuits sont combinés à ce moment en huit postes de travail et chaque poste est dédoublé afin de faciliter la tâche (Annexe F).

Lors de la quatrième période, les équipes travaillent de nouveau à un poste avec le matériel nécessaire à la réalisation de tous les défis (Annexe D). Cette fois-ci, les élèves travaillent en équipe de quatre. Une équipe de deux élèves procède à la réalisation du circuit à l'aide des composantes et l'autre équipe dessine le schéma du circuit effectué. Ils doivent se mettre d'accord sur les deux représentations produites et faire valider leur travail par la suite avant de poursuivre les défis.

L'enseignant valide le travail et agit comme médiateur dans le travail collaboratif. À tour de rôle, les élèves échangent leur responsabilité (construction et dessin) afin que chaque équipe puisse réaliser des schémas et des circuits à partir du travail de l'autre.

QUATRIÈME CHAPITRE. LES RÉSULTATS

Dans ce chapitre nous présentons le processus de conception de la ressource didactique et les artefacts qui la composent ainsi que les stratégies de validation utilisées. Ainsi, après une première étape d'identification des cibles d'apprentissages, nous avons examiné les défis extraits de la recherche en didactique. Ces défis ont servi de manipulations visant à créer une ressource pédagogique s'adressant aux enseignants du cours de sciences et technologies de 4^e secondaire pour les aider dans l'enseignement des circuits électriques. Nous avons ensuite adapté ces défis en tenant compte des indicateurs dégagés du cadre conceptuel. Pour ce faire, nous avons élaboré un cahier des charges comme présenté dans le chapitre précédent.

1. RAPPEL DU CAHIER DES CHARGES

Avant de discuter des résultats obtenus lors de la réalisation de l'activité didactique produite, il convient de faire un rappel des éléments du cahier des charges retenus lors de la conception de la ressource.

1.1 La situation doit créer des obstacles

Tel que prévu dans le cahier des charges, la tâche proposée occasionne en effet des obstacles à franchir pour réaliser la suite des défis. Les circuits à réaliser étant de plus en plus difficiles, il est essentiel de franchir l'obstacle du défi précédent pour poursuivre l'activité. Les défis sont par contre conçus pour être réalisables par les élèves de 4^e secondaire sans créer de découragement et offre une progression réaliste des apprentissages.

1.2 La situation doit mettre de l'avant le raisonnement scientifique de l'élève

L'élève se trouve en situation de résolution de problème telle que mentionnée dans le cahier des charges et doit trouver des solutions aux défis qui lui sont proposés. Aucune procédure n'est disponible autre que l'atteinte du résultat demandé. Exemple : Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument. L'une d'elles s'allume fortement et les deux autres plus faiblement. L'élève doit par lui-même trouver le moyen afin qu'une ampoule allume plus fort que les deux autres. L'apprentissage se fait donc par l'action telle que prévue dans notre cahier des charges.

1.3 La situation doit amener l'élève à utiliser le graphisme scientifique

L'activité préparée comporte un aspect graphique mais étant donné que cette tâche ne pouvait se faire en même temps que l'assemblage des circuits au niveau d'une même période de classe de 75 minutes, il a été décidé de séparer l'aspect graphique de la résolution expérimentale des défis. Ceci a pour effet d'aider à l'ancrage des nouvelles connaissances par la réalisation de l'activité en quatre temps tout en respectant le cahier des charges.

1.4 La situation doit amener l'élève à utiliser des registres sémiotiques différents

Il y a trois registres sémiotiques présents dans le cadre de l'activité élaborée et l'élève doit faire des liens entre les trois afin de résoudre la série de défis. Il sera donc appelé, à travers les 20 défis, à utiliser les lois liées à la physique électrique, à travailler avec les composantes matérielles lors de la construction des circuits et à utiliser le code schématique pour représenter les circuits construits. La ressource conçue convient donc à la conception du cahier des charges élaboré au chapitre précédent.

2. LA LOGIQUE DIDACTIQUE SOUS-JACENTE À LA SÉQUENCE DES TRAVAUX PRATIQUES

Comme nous l'avons mentionné, 20 défis structurent la séquence. Nous présentons dans ce qui suit les finalités didactiques de chacun.

2.1 Défis un à quatre

Ces quatre premiers défis permettent de se familiariser avec les composantes électroniques disponibles, les représentations graphiques de chacune et de mettre de l'avant l'importance du circuit fermé pour la circulation du courant électrique. Le défi un représente le circuit le plus simple possible avec seulement une source de courant et une lumière avant d'en ajouter une deuxième lors du défi deux pour en complexifier la composition graduellement. C'est avec le défi trois que l'élève visualise l'effet de l'interrupteur qui ouvre le circuit et empêche alors la lumière de briller étant donné la valeur isolante de l'air présent entre le levier et la base de l'interrupteur en position ouverte. Avec la réalisation du défi quatre, l'élève travaille la conductibilité électrique. En effet, l'élève réalisera que ce ne sont pas tous les objets qui permettent le passage du courant (conducteur électrique). Un élève pourrait très bien décider d'utiliser les résistances à sa disposition et le montage serait tout à fait correct car les objets choisis agissent comme des résistances qui feront varier l'intensité de la lumière, ce qui correspond à une résistance. Les notions de conduction électrique et de conductibilité pourront donc être réinvesties lors de cours ultérieurs.

Ces quatre défis n'ont pas un niveau de difficulté élevé et il est probablement tentant pour un enseignant manquant de temps et voulant réduire le nombre de défis de les éliminer. Il ne faut cependant pas oublier que la ressource didactique proposée ici a été conçue avec une vision de

cheminement cognitif chez l'élève et que toutes les étapes proposées sont nécessaires afin d'obtenir les apprentissages recherchés.

2.2 Défis cinq à huit

Le défi numéro cinq est un défi très intéressant car il fait la transition entre les quatre premiers défis et les suivants. Jusqu'à ce défi, les circuits produits par les élèves sont des circuits en série seulement. Au défi numéro cinq, il est possible de faire encore un circuit en série comme les précédents ou de commencer à travailler le circuit en parallèle (Annexe E) étant donné qu'il n'est pas encore question de l'intensité de la lumière. Le circuit le plus attendu est celui en série car c'est celui qui a été réfléchi jusqu'à maintenant mais certains élèves pourront faire celui en parallèle soit pas hasard ou encore en ayant compris que tout ce qui compte ici c'est d'avoir un circuit fermé qui permettra le passage du courant dans les deux lumières, une à la suite de l'autre (série) ou branchées une sur l'autre (parallèle).

Le défi six permet officiellement le passage du circuit en série vers celui en parallèle car seul ce type de circuit peut résoudre la situation (Annexe E). C'est à ce moment que l'élève aura des difficultés lors de la transposition graphique de son circuit en parallèle et qu'il est recommandé de retirer un fil électrique au circuit afin de faire visualiser à l'élève l'importance de la représentation graphique de tous les éléments. Les lignes du circuit sont en effet aussi importantes que les autres composantes afin d'assurer la circulation de l'électricité et le fonctionnement des lumières. Ce défi présente aussi l'indépendance des ampoules pour la première fois. Chaque interrupteur contrôle une seule ampoule et il est possible d'en faire briller une seule à la fois.

Lors des défis sept et huit, il y a poursuite de l'exploration du circuit en série versus en parallèle et de l'utilisation de l'interrupteur. L'alternance entre le circuit en série du défi sept et le

circuit en parallèle du défi huit permettra de mettre la table aux défis suivants qui demandent une variation dans l'intensité lumineuse des ampoules. Si jamais l'élève semble suivre une séquence lors des montages en plaçant, par exemple, toujours l'interrupteur en début de circuit avec l'ampoules ensuite, il est proposé d'intervertir les composantes afin de faire réaliser à l'élève que l'interrupteur peut se placer n'importe où dans le circuit et qu'il aura le même rôle.

2.3 Défis neuf à onze

En effet, la réalisation de l'ensemble des huit défis précédents amène l'élève à résoudre les défis neuf à onze. Certains élèves auront remarqué que les ampoules brillent davantage dans un circuit en parallèle que dans un circuit en série lors de leurs précédentes manipulations. Il faut cependant s'attendre à ce que plusieurs n'aient pas encore établi la différence entre les deux et éprouvent plus de difficultés à faire briller plus ou moins les ampoules. C'est justement l'utilité de cette série de défis. Sans mettre de nom sur le phénomène, les élèves constatent à ce moment que les lumières en parallèle brillent aussi fortement que s'il y en avait seulement une et qu'elles brillent moins fortement en série. L'enseignant pourra donc se servir de cette observation comme réinvestissement lors de la présentation de la loi d'Ohm.

2.4 Défis douze à quinze

Cette série de défis permet de continuer l'observation de la variation de l'intensité lumineuse et de pratiquer tous les paramètres vus jusqu'à maintenant : l'emplacement de l'interrupteur, des ampoules et le circuit en parallèle versus en série. L'exercisation de tous ces facteurs aidera au cheminement des élèves, spécialement pour les élèves ayant eu plus de difficultés à résoudre les défis de la série précédente. Cet exercice est important car la complexité des défis augmentera par la suite par l'ajout d'une nouvelle composante, la résistance.

2.5 Défis seize à dix-huit

Le défi 16 est un défi important étant donné l'ajout d'une résistance dans les composantes à utiliser. Il y aura beaucoup de difficultés lors de la résolution de ce défi tant au niveau de l'emplacement de la résistance qu'au niveau de son utilité. Jusqu'à maintenant, changer l'emplacement de l'interrupteur ou le type de circuit (série ou parallèle) suffisait à la résolution des défis. Il faut donc que l'élève adopte une nouvelle approche lors du défi 16 pour pouvoir passer au défi suivant. À partir de ce défi, il n'y a plus seulement le type de circuit qui peut faire varier l'intensité des ampoules mais aussi l'utilisation d'un résistor. Le défi 17 quant à lui rehausse encore le niveau de difficulté car l'élève doit utiliser non pas une mais deux résistors et de valeur inégale. Il ne faut pas oublier ici que le choix du nombre et de la valeur des résistances parmi les huit disponibles est la responsabilité de l'élève. Il sera très difficile pour lui de résoudre ce défi et c'est pourquoi le défi suivant est moins complexe. Le défi 18 redonnera la motivation nécessaire à la résolution des deux derniers défis qui sont les plus complexes.

2.6 Défis dix-neuf et vingt

Les deux derniers défis sont la suite de la série précédente et seront aussi les plus compliqués à réaliser en raison du nombre important d'éléments composant le circuit. Leur schématisation sera aussi difficile à visualiser avec les nombreux fils utilisés pour le montage. Les élèves les plus pragmatiques peuvent réutiliser le circuit précédent comme base pour le suivant mais il est déconseillé d'utiliser cette technique car le risque est élevé d'oublier ou de mélanger des composantes. Au même niveau que la loi d'Ohm, l'enseignant pourra réinvestir la tâche réalisée lors des défis 16 à 20 lorsqu'il présentera les lois de Kirchhoff.

2.7 Description du déroulement global des périodes intégrant les défis

En plus des 20 défis structurant la séquence, il existe aussi une évolution didactique au niveau des quatre périodes élaborées. Voyons donc l'apport didactique des activités proposées.

2.7.1 *Période 1*

Lors de cette première période, il n'y aura pas d'acquisition de connaissances pour l'élève. Il se retrouve en exploration spontanée et la résolution des défis se fait par essais et erreurs ou tâtonnements davantage que par une compréhension approfondie du sujet. Il ne faut pas s'en inquiéter à cette étape car c'est exactement le but recherché de la tâche proposée. C'est à ce moment que l'élève sera confronté à ses conceptions préexistantes vraies ou fausses et pourra progresser dans ses réflexions. La découverte par l'expérimentation est un enjeu qui nous a préoccupés dans les premiers chapitres de ce texte et c'est pourquoi nous priorisons ici la manipulation avant l'enseignement des notions théoriques.

2.7.2 *Période 2*

C'est lors de cette deuxième période que l'élève débute vraiment ses apprentissages. En plus de refaire les montages des circuits, il dessine les schémas et commence ainsi le transfert des connaissances de la pratique à l'écrit. C'est alors qu'il pourra consolider ses nouvelles connaissances et débiter le transfert en langage scientifique codé.

2.7.3 *Période 3*

C'est lors de cette période que les apprentissages se poursuivent. Étant donné que la plupart des défis peuvent avoir plus d'une solution, c'est à cette étape que le transfert se fait réellement. L'élève doit schématiser un circuit qu'il n'a pas construit de lui-même et probablement pas de la

façon dont il le faisait précédemment. Il est conseillé à cette étape de faire varier le plus possible l'agencement des composantes afin de présenter des circuits qui n'ont pas encore été travaillés jusqu'à maintenant et qui déstabiliseront les élèves. À cette étape, la compréhension de l'élève par rapport au circuit proposé doit être parfaite pour qu'il soit en mesure de dessiner un schéma représentatif de la situation.

2.7.4 Période 4

C'est lors de cette période que la structuration des connaissances se met en place. La pratique continue de la schématisation sur papier des circuits permet le développement de la visualisation des circuits dans la tête de l'élève et il devient en mesure d'imaginer ce qui se passe à l'intérieur de celui-ci.

Encore une fois, il faut mettre en garde l'enseignant qui aimerait raccourcir l'activité proposée et diminuer le nombre de périodes de la tâche. Les quatre périodes sont nécessaires au cheminement cognitif de l'élève et aucune ne doit être retirée. Les défis utilisés sont l'outil choisi pour la construction de la ressource didactique et il est prévu, et non redondant, leur utilisation répétée lors des activités de chacune des quatre périodes. L'important ici c'est l'évolution de la tâche et non la variation des défis utilisés.

3. ÉVALUATION PAR LES PAIRS

Le présent travail a été présenté à différents intervenants du milieu scolaire afin d'obtenir leur avis sur la qualité, la pertinence et la faisabilité en classe de cette séquence. En tout, neuf personnes ont commenté la ressource élaborée : trois enseignants de sciences et technologies au secondaire, un directeur adjoint d'une école secondaire, deux conseillers pédagogiques en sciences

et technologies, un directeur des services éducatifs d'une commission scolaire et deux enseignants en didactique à l'université. Voici les principaux commentaires de chacun.

3.1 Les enseignants au secondaire

Malgré les mises en garde tout au long de la présentation de la ressource, les enseignants ont tous mentionné qu'ils feraient des modifications pour adapter la séquence avant de la vivre avec leurs élèves en classe. Ils ont trouvé que quatre périodes c'est très long au niveau de leur planification et qu'une ou deux périodes à consacrer à la réalisation des défis serait plus réaliste. Une inquiétude aussi est l'ennui et la démotivation des élèves à refaire les défis quatre fois même si la tâche varie lors de chacune des quatre périodes. Certains sont aussi inquiets de ne pas être en mesure de valider tous les défis de chaque équipe à l'intérieur de la période de 70 minutes même avec l'aide du technicien en travaux pratiques.

Ils ont cependant tous trouvé la ressource intéressante et ont proposé des alternatives viables pour leur milieu. Certains croient que la séquence de quatre périodes devrait être présentée à l'intérieur d'une même période à travers les 20 défis. Par exemple, faire réaliser les cinq premiers défis par manipulations seulement, les cinq suivants par manipulations et schématisation, les cinq suivants par schématisation seulement et terminer avec les cinq derniers défis en équipe de quatre comme proposé dans la ressource. D'autres se sont questionnés sur la capacité des élèves à diversifier les types de circuit lors de la dernière période et proposent plutôt de suggérer un montage vu souvent dans les manipulations chez l'élève (source, interrupteur au début et lumières ensuite) pour que l'élève soit obligé de trouver une alternative moins fréquemment utilisée (source, lumières et interrupteur à la fin). On constate que les enseignants ont concentré leurs remarques au niveau pratico-pratique de la réalisation de la séquence.

3.2 Les conseillers pédagogiques

Les deux conseillers pédagogiques connaissaient déjà les travaux du professeur Potvin (2011) et de son équipe et ont été emballés par la ressource présentée. Ils se sont par contre questionnés sur l'aspect de l'évaluation dont il n'est pas question dans la ressource et ont proposé de l'aide au besoin. Suite à la lecture du projet, un conseiller pédagogique a même décidé de s'inspirer de la séquence afin de développer une ressource sous forme de défis évolutifs à relever à l'aide des robots EV3 pour la conception d'un objet technologique.

3.3 Les directeurs

Les directions se sont attardées sur la théorie sous-jacente à l'utilisation des travaux pratiques en sciences dans la section du cadre conceptuel, une direction ayant déjà travaillé au Ministère de l'éducation. Ayant vécu l'arrivée de la réforme de l'éducation en 2004, elles ont été en mesure de comprendre la source du malaise à la base de mon essai et m'ont félicitée d'avoir su cerner ce sujet. Elles ont aussi souligné le temps important prévu de la ressource dans le cadre du cours considérant que les circuits électriques ne sont qu'un élément parmi tant d'autres de la progression des apprentissages. Malgré leur intérêt et leurs encouragements face au travail effectué, on remarque que les préoccupations se concentrent autour du cursus scolaire et de son respect.

3.4 Les enseignants universitaires

Les didacticiens ont validé la séquence et ont été en mesure de voir tout le potentiel didactique du travail réalisé même si des ajustements pourraient être faits par rapport aux énoncés des défis ou encore au choix de la séquence. Étant donné que la ressource n'a pas encore été vécue en classe avec des élèves, on ne sait pas comment les élèves avec plus de difficultés vont être en

mesure de compléter la tâche et à quel point la ressource leur permettra d'évoluer dans leurs raisonnements et la construction de leurs apprentissages. On constate que les commentaires recueillis ici sont davantage à propos de l'élaboration de la ressource et de ses fondements.

Il est intéressant de souligner que l'expertise de chacun des intervenants approchés pour l'évaluation de la ressource nous permet d'avoir un éventail de commentaires et que la spécialité de chacun se reflète dans leurs préoccupations face à notre séquence.

CONCLUSION

Suite à ce long parcours parsemé de doutes et de questionnements mais aussi de réussites et de dépassements, le processus arrive à sa fin. Cet essai m'aura fait traverser toute la gamme des émotions et aura développé en moi une persévérance dont je ne connaissais pas l'existence. Au début, je me souviens de m'être dit que l'essai était la pire partie de la maîtrise et que je ne sais pas si j'étais capable d'y arriver. Au fil de mes lectures, j'ai pris connaissances de plusieurs travaux de recherche en sciences, en didactique ou les deux à la fois et j'ai réalisé le travail colossal et la compétence de ces chercheurs. Mais pourquoi n'étais-je pas déjà au courant de toutes ces superbes recherches? Est-ce que les constats dégagés de ces recherches étaient toujours à la base des ressources que j'utilisais sans le savoir? Qui faisait le lien entre la recherche et les enseignants? Ces questionnements m'ont fait énormément douter de la qualité de ce que je pouvais produire moi-même, simple étudiante à la maîtrise à temps partiel.

Suite à ce constat, mes réflexions m'ont permis de relativiser ma contribution face à la recherche et à ceux qui y consacrent leur carrière avec l'aide d'une équipe pour les épauler. Avec cette prise de conscience, j'ai été en mesure de choisir un projet qui me tient à cœur, à la hauteur de mes capacités et qui pourra avoir des répercussions positives sur le milieu. Je me suis donc lancée et j'ai essayé. J'ai trouvé le parcours de l'essai très difficile mais je comprends maintenant son utilité dans le cadre de ce diplôme grâce au cheminement parcouru depuis son début. En effet, n'étant pas un chercheur moi-même, je me demandais l'utilité dans ma carrière enseignante de la rédaction d'un essai. Je réalise maintenant qu'il y a un monde de connaissances derrière les pratiques enseignantes dans les classes et que le matériel produit qui nous est fourni repose sur une analyse pédagogique approfondie de plusieurs domaines de compétences.

Malgré tout, lorsque j'analyse les commentaires des différents intervenants auxquels j'ai soumis mon travail, je me rends compte que les enseignants universitaires sont au courant de cette dynamique mais que les différents intervenants du milieu ne semblent pas autant réaliser les intentions sous-jacentes à la séquence proposée. Leurs préoccupations étant davantage liées à la réalisation pratique des défis qu'au potentiel formateur de la séquence. Il semble donc y avoir un fossé entre le domaine de la recherche et le milieu pratique dans les écoles. Le cursus scolaire étant très chargé, les enseignants sont coincés par les obligations du programme et le temps alloué tandis que les didacticiens le sont par les besoins d'apprentissages qui nécessitent du temps et la mise en place d'une certaine séquence. Malgré le fait que je suis moi-même au sein du milieu scolaire et que je croyais prendre en considération le côté faisabilité en classe, il semble encore y avoir des préoccupations pratiques de la part des enseignants et des exigences pédagogiques nécessaires à l'élève pour la construction de ses savoirs qui sont non adressées. Je me rends donc compte que la tâche est complexe et que le pont entre les deux réalités n'est pas facile à construire mais que cette réalisation me sera grandement utile dans le cadre de mes nouvelles fonctions enseignantes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. et Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences?*

Paris : Éditions Retz.

Beaufils, D., Richoux, H. et Camguilhem, C. (1999). Savoirs et savoir-faire associés à l'utilisation d'instruments informatisés dans des activités de travaux pratiques de physique. *Aster 1*(28), 131-147.

Braund, M. et Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International journal of science education*, 28(12), 1373-1388.

Canal, J.-L., 1988. De l'interrupteur au relais électronique, du relais électromagnétique au transistor. *Aster*, 7, 71-89.

Closset, J.-L., (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'union des physiciens*, 716, 931-949.

Closset, J.-L., (1992). Raisonnements en électricité et en hydrodynamique. *Aster*, 14, 143-155.

Donnelly, J.F.(1998). The place of the laboratory in secondary science teaching. *International Journal of Science Education*, 20(5), 585-596.

- Emslie, C. M. (1971). *Teaching upper elementary science using theory-laboratory sequence and laboratory-theory sequence methods of instruction. Final report.* Washington: National center for educational research and development.
- Fortin, M.-F. et Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche. Méthodes quantitatives et qualitatives* (3e éd). Montréal: Chenelière Éducation (1re éd. 2006).
- Gohau, G. (1987). Difficulté d'une pédagogie de la découverte dans l'enseignement des sciences. *Aster*, 1(5), 49-70.
- Hasni, A., Potvin, P., Belletête, V. et F. Thibault (2015). *L'intérêt pour les sciences et la technologie à l'école. Résultats d'une enquête auprès d'élèves du primaire et du secondaire au Québec.* Rapport de recherche. Université de Sherbrooke et Université du Québec à Montréal, Chaire de recherche sur l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie (CRIJEST).
- Hensler, H. (2009a). *Construire la problématique d'une recherche-action.* Notes de cours PED 780. Manuscrit non publié. Université de Sherbrooke : Sherbrooke.
- Hensler, H. (2009b). *La recension des écrits dans le cadre d'une recherche-action.* Notes de cours PED 780. Manuscrit non publié. Université de Sherbrooke : Sherbrooke.
- Hofstein, A. et Lunetta V. N. (1980). *The role of the laboratory in sciences teaching : Research implications.* Iowa: Science educational center of University of Iowa.
- Hofstein, A. et Lunetta V. N. (1982). The role of laboratory in science teaching: Neglected aspects or research. *Review of educational research*, 52(2), 201-217.

- Johsua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement au secondaire. *Aster*, 7(8), 29-53.
- McComas, W. (2005). Laboratory Instruction in the Service of Science Teaching and Learning: Reinventing and Reinvigorating the Laboratory Experience. *The science teacher*, 72(7), 24-29.
- MELS (2014). *Programme de formation de l'école québécoise*. Ministère de l'Éducation, du Loisir et des Sports. Repéré à <http://www.education.gouv.qc.ca/enseignants/pfeq/secondaire>.
- Métioui, A., Levasseur, J., 2011. Analyse des raisonnements d'élèves sur les circuits en courant continu et les lois de Kirchhoff. *RDST*, 3, 155-178.
- Missonnier, M.-F. et Closset, J.-L. (2004). Observation de chemins suivis par les élèves dans l'apprentissage des bases de l'électrocinétique. *Didaskalia*, 25, 63-88.
- Paillé, P. (2007). La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante : douze devis méthodologiques exemplaires. *Recherches qualitatives* 27(2), 133-151.
- Potvin, P. (2011). *Manuel d'enseignement des sciences et de la technologie*. Québec : Éditions Multimondes.
- Robardet, G. (1997). Le jeu de résistors: une situation visant à ébranler des obstacles épistémologiques en électrocinétique. *Aster*, 24, 59-79.
- Sarrazin, L. et Genzling, J.-C. (1988). Circuits et modélisation. *Aster*, 7, 103-119.

ANNEXE A. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 1

20 DÉFIS ÉLECTRONIQUES

Cahier de l'élève – Période 1

Nom : _____
Coéquipier : _____

Consignes

- À l'aide du matériel fourni, résoudre les 20 défis qui vous sont proposés!
- Il est interdit de passer à un défi supérieur avant d'avoir obtenu l'homologation du défi qui le précède immédiatement.
- Il ne peut y avoir qu'un seul fil attaché à chacune des bornes de la source.
- Ajustez votre source de courant à 12V.
- Éteignez et rallumez la source entre chaque branchement.
- Le ramassage ainsi que le classement de chacune des pièces doit être une priorité pour tous.

Matériel

Pour chaque équipe :

- 15 fils-alligators
- 1 source 12V
- 3 ampoules 12V
- 3 interrupteurs
- 4 résistances de 20 ou 25 Ohms ainsi que 4 résistances de 40 ou 50 Ohms

DÉFI 1 :

Faites allumer une ampoule.

Homologation : _____

DÉFI 2 :

Faites allumer deux ampoules.

Homologation : _____

DÉFI 3 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint.

Homologation : _____

DÉFI 4 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint. Cependant, le courant doit avoir traversé quatre objets différents au choix. (N'importe quels objets; une fourchette, un crayon, une fermeture-éclair, etc.)

Homologation : _____

DÉFI 5 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules s'allument. Quand on relâche l'interrupteur, les ampoules s'éteignent.

Homologation : _____

DÉFI 6 :

L'interrupteur A fait s'allumer l'ampoule 1. L'interrupteur B fait s'allumer l'ampoule 2.

Homologation : _____

DÉFI 7 :

Il faut appuyer sur l'un ou l'autre des deux interrupteurs pour faire s'allumer l'ampoule. Quand on appuie sur les deux en même temps, l'ampoule s'allume également.

Homologation : _____

DÉFI 8 :

Il faut nécessairement appuyer sur les deux interrupteurs en même temps pour faire s'allumer l'ampoule.

Homologation : _____

DÉFI 9 :

Faites allumer deux ampoules fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

Homologation : _____

DÉFI 10 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

Homologation : _____

DÉFI 11 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument faiblement. (Plus faiblement que dans le défi précédent)

Homologation : _____

DÉFI 12 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument. L'une d'elles s'allume fortement et les deux autres plus faiblement.

Homologation : _____

DÉFI 13 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, une nouvelle ampoule s'allume. (Il faut qu'elle allume autant que la première)

Homologation : _____

DÉFI 14 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Les trois ampoules doivent s'allumer autant l'une que l'autre.

Homologation : _____

DÉFI 15 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Ces deux nouvelles ampoules s'allument moins fort que la première.

Homologation : _____

DÉFI 16 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules identiques sont allumées en même temps. L'une des deux allume plus fort que l'autre. (Utilisez une résistance)

Homologation : _____

DÉFI 17 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules identiques sont allumées en même temps. La première est celle qui allume le plus fort, la deuxième allume un peu moins fort et la troisième encore moins fort.

Homologation : _____

DÉFI 18 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on le relâche, l'ampoule perd de l'intensité pour revenir à son intensité initiale.

Homologation : _____

DÉFI 19 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez deux résistances de valeurs inégales)

Homologation : _____

DÉFI 20 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez trois résistances [pas plus, pas moins que trois] de valeurs égales)

Homologation : _____

ANNEXE B. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 2

20 DÉFIS ÉLECTRONIQUES

Cahier de l'élève - Période 2

Nom : _____

Coéquipier : _____

Consignes






- À l'aide du matériel fourni, résoudre chacun des 20 défis qui vous sont proposés!
- Dessinez le schéma de montage du circuit électrique obtenu. L'utilisation de la légende est **OBLIGATOIRE**.
- Il est interdit de passer à un défi supérieur avant d'avoir obtenu l'homologation du défi qui le précède immédiatement.
- Il ne peut y avoir qu'un seul fil attaché à chacune des bornes de la source.
- Ajustez votre source de courant à 12V.
- Éteignez et rallumez la source entre chaque branchement.
- Le ramassage ainsi que le classement de chacune des pièces doit être une priorité pour tous.

Matériel

Pour chaque équipe :

- 15 fils-alligators
- 1 source 12V
- 3 ampoules 12V
- 3 interrupteurs
- 4 résistances de 20 ou 25 Ohms ainsi que 4 résistances de 40 ou 50 Ohms

Légende

SOURCE	INTERRUPTEUR	AMPOULE	RÉSISTANCE	FIL ÉLECTRIQUE
				

Adapté de Potvin, 2011

DÉFI 1 :

Faites allumer une ampoule.

DÉFI 2 :

Faites allumer deux ampoules.

DÉFI 3 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint.

DÉFI 4 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint. Cependant, le courant doit avoir traversé quatre objets différents au choix. (N'importe quels objets; une fourchette, un crayon, une fermeture-éclair, etc.)

DÉFI 5 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules s'allument. Quand on relâche l'interrupteur, les ampoules s'éteignent.

DÉFI 6 :

L'interrupteur A fait s'allumer l'ampoule 1. L'interrupteur B fait s'allumer l'ampoule 2.

DÉFI 7 :

Il faut appuyer sur l'un ou l'autre des deux interrupteurs pour faire s'allumer l'ampoule. Quand on appuie sur les deux en même temps, l'ampoule s'allume également.

DÉFI 8 :

Il faut nécessairement appuyer sur les deux interrupteurs en même temps pour faire s'allumer l'ampoule.

DÉFI 9 :

Faites allumer deux ampoules fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

DÉFI 10 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

DÉFI 11 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument faiblement. (Plus faiblement que dans le défi précédent)

DÉFI 12 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument. L'une d'elles s'allume fortement et les deux autres plus faiblement.

DÉFI 13 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, une nouvelle ampoule s'allume. (Il faut qu'elle allume autant que la première)

DÉFI 14 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Les trois ampoules doivent s'allumer autant l'une que l'autre.

DÉFI 15 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Ces deux nouvelles ampoules s'allument moins fort que la première.

DÉFI 16 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules identiques sont allumées en même temps. L'une des deux allume plus fort que l'autre. (Utilisez une résistance)

DÉFI 17 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules identiques sont allumées en même temps. La première est celle qui allume le plus fort, la deuxième allume un peu moins fort et la troisième encore moins fort.

DÉFI 18 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on le relâche, l'ampoule perd de l'intensité pour revenir à son intensité initiale.

DÉFI 19 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez deux résistances de valeurs inégales)

DÉFI 20 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez trois résistances [pas plus, pas moins que trois] de valeurs égales)

ANNEXE C. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 3

20 DÉFIS ÉLECTRONIQUES**Cahier de l'élève - Période 3**

Nom : _____

Coéquipier : _____






Consignes

- Observez le montage de chaque défi.
- Dessinez le schéma de montage correspondant au circuit électrique.
- L'utilisation de la légende est **OBLIGATOIRE**.
- Il est interdit de passer à un défi supérieur avant d'avoir obtenu l'homologation du défi qui le précède immédiatement.

MatérielPour la classe :

- 2 postes de travail avec les montages des défis 1 à 3
- 2 postes de travail avec les montages des défis 4 à 6
- 2 postes de travail avec les montages des défis 7 à 9
- 2 postes de travail avec les montages des défis 10 à 12
- 2 postes de travail avec les montages des défis 13 et 14
- 2 postes de travail avec les montages des défis 15 et 16
- 2 postes de travail avec les montages des défis 17 et 18
- 2 postes de travail avec les montages des défis 19 et 20

Légende

SOURCE	INTERRUPTEUR	AMPOULE	RÉSISTANCE	FIL ÉLECTRIQUE
				

Adapté de Potvin, 2011

DÉFI 1 :

Faites allumer une ampoule.

DÉFI 2 :

Faites allumer deux ampoules.

DÉFI 3 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint.

DÉFI 4 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint. Cependant, le courant doit avoir traversé quatre objets différents au choix. (N'importe quels objets; une fourchette, un crayon, une fermeture-éclair, etc.)

DÉFI 5 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules s'allument. Quand on relâche l'interrupteur, les ampoules s'éteignent.

DÉFI 6 :

L'interrupteur A fait s'allumer l'ampoule 1. L'interrupteur B fait s'allumer l'ampoule 2.

DÉFI 7 :

Il faut appuyer sur l'un ou l'autre des deux interrupteurs pour faire s'allumer l'ampoule. Quand on appuie sur les deux en même temps, l'ampoule s'allume également.

DÉFI 8 :

Il faut nécessairement appuyer sur les deux interrupteurs en même temps pour faire s'allumer l'ampoule.

DÉFI 9 :

Faites allumer deux ampoules fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

DÉFI 10 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

DÉFI 11 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument faiblement. (Plus faiblement que dans le défi précédent)

DÉFI 12 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument. L'une d'elles s'allume fortement et les deux autres plus faiblement.

DÉFI 13 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, une nouvelle ampoule s'allume. (Il faut qu'elle allume autant que la première)

DÉFI 14 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Les trois ampoules doivent s'allumer autant l'une que l'autre.

DÉFI 15 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Ces deux nouvelles ampoules s'allument moins fort que la première.

DÉFI 16 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules identiques sont allumées en même temps. L'une des deux allume plus fort que l'autre. (Utilisez une résistance)

DÉFI 17 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules identiques sont allumées en même temps. La première est celle qui allume le plus fort, la deuxième allume un peu moins fort et la troisième encore moins fort.

DÉFI 18 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on le relâche, l'ampoule perd de l'intensité pour revenir à son intensité initiale.

DÉFI 19 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez deux résistances de valeurs inégales)

DÉFI 20 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez trois résistances [pas plus, pas moins que trois] de valeurs égales)

ANNEXE D. DOCUMENT DE L'ÉLÈVE PÉRIODE 4

20 DÉFIS ÉLECTRONIQUES**Cahier de l'élève - Période 4**

Nom : _____

Coéquipier : _____






Consignes

- Une équipe réalise le montage du défi.
- La deuxième équipe dessine le schéma de montage correspondant au circuit électrique.
- L'utilisation de la légende est **OBLIGATOIRE**.
- Il est interdit de passer à un défi supérieur avant d'avoir obtenu l'homologation du défi qui le précède immédiatement.
- Changez les rôles entre chaque défi.

MatérielPour chaque équipe :

- 15 fils-alligators
- 1 source 12V
- 3 ampoules 12V
- 3 interrupteurs
- 4 résistances de 20 ou 25 Ohms ainsi que 4 résistances de 40 ou 50 Ohms

Légende

SOURCE	INTERRUPTEUR	AMPOULE	RÉSISTANCE	FIL ÉLECTRIQUE
				

Adapté de Potvin, 2011

DÉFI 1 :

Faites allumer une ampoule.

DÉFI 2 :

Faites allumer deux ampoules.

DÉFI 3 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint.

DÉFI 4 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint. Cependant, le courant doit avoir traversé quatre objets différents au choix. (N'importe quels objets; une fourchette, un crayon, une fermeture-éclair, etc.)

DÉFI 5 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules s'allument. Quand on relâche l'interrupteur, les ampoules s'éteignent.

DÉFI 6 :

L'interrupteur A fait s'allumer l'ampoule 1. L'interrupteur B fait s'allumer l'ampoule 2.

DÉFI 7 :

Il faut appuyer sur l'un ou l'autre des deux interrupteurs pour faire s'allumer l'ampoule. Quand on appuie sur les deux en même temps, l'ampoule s'allume également.

DÉFI 8 :

Il faut nécessairement appuyer sur les deux interrupteurs en même temps pour faire s'allumer l'ampoule.

DÉFI 9 :

Faites allumer deux ampoules fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

DÉFI 10 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

DÉFI 11 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument faiblement. (Plus faiblement que dans le défi précédent)

DÉFI 12 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument. L'une d'elles s'allume fortement et les deux autres plus faiblement.

DÉFI 13 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, une nouvelle ampoule s'allume. (Il faut qu'elle allume autant que la première)

DÉFI 14 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Les trois ampoules doivent s'allumer autant l'une que l'autre.

DÉFI 15 :

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Ces deux nouvelles ampoules s'allument moins fort que la première.

DÉFI 16 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules identiques sont allumées en même temps. L'une des deux allume plus fort que l'autre. (Utilisez une résistance)

DÉFI 17 :

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules identiques sont allumées en même temps. La première est celle qui allume le plus fort, la deuxième allume un peu moins fort et la troisième encore moins fort.

DÉFI 18 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on le relâche, l'ampoule perd de l'intensité pour revenir à son intensité initiale.

DÉFI 19 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez deux résistances de valeurs inégales)

DÉFI 20 :

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez trois résistances [pas plus, pas moins que trois] de valeurs égales)

ANNEXE E. CORRIGÉ DES 20 DÉFIS

20 DÉFIS ÉLECTRONIQUES

CORRIGÉ

Consignes






- À l'aide du matériel fourni, résoudre les 20 défis qui vous sont proposés!
- Il est interdit de passer à un défi supérieur avant d'avoir obtenu l'homologation du défi qui le précède immédiatement.
- Il ne peut y avoir qu'un seul fil attaché à chacune des bornes de la source.
- Ajustez votre source de courant à 12V.
- Éteignez et rallumez la source entre chaque branchement.
- Le ramassage ainsi que le classement de chacune des pièces doit être une priorité pour tous.

Matériel

Pour chaque équipe :

- 15 fils-alligators
- 1 source 12V
- 3 ampoules 12V
- 3 interrupteurs
- 4 résistances de 20 ou 25 Ohms ainsi que 4 résistances de 40 ou 50 Ohms

Légende

SOURCE	INTERRUPTEUR	AMPOULE	RÉSISTANCE	FIL ÉLECTRIQUE
				

DÉFI 1 :

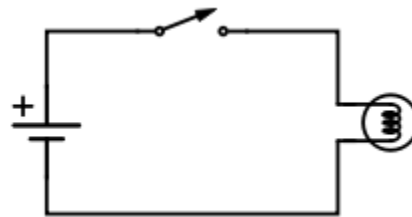
Faites allumer une ampoule.

**DÉFI 2 :** Réponses variables

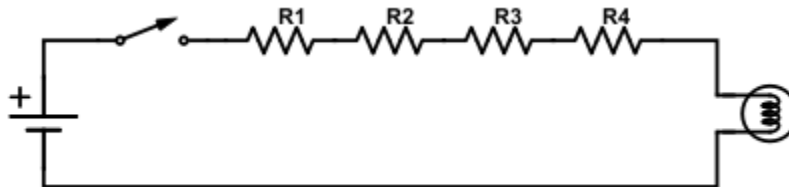
Faites allumer deux ampoules.

**DÉFI 3 :** Réponses variables

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint.

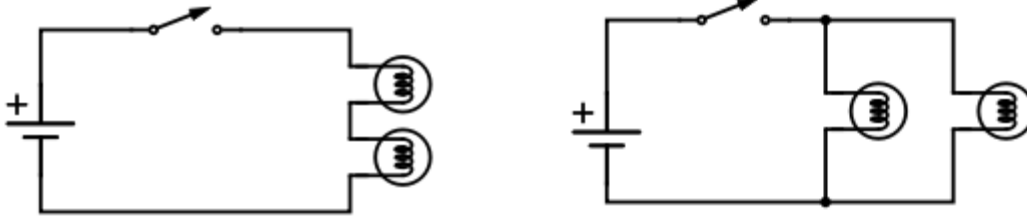
**DÉFI 4 :** Réponses variables

Quand on appuie sur l'interrupteur, une ampoule s'allume. Quand on relâche l'interrupteur, l'ampoule s'éteint. Cependant, le courant doit avoir traversé quatre objets différents au choix. (N'importe quels objets; une fourchette, un crayon, une fermeture-éclair, etc.)

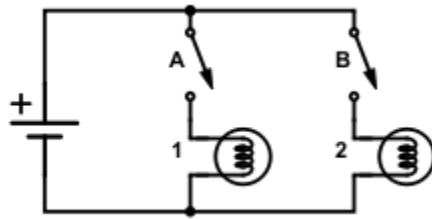


DÉFI 5 : Réponses variables

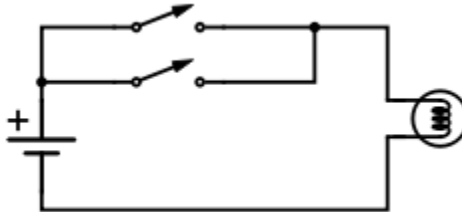
Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules s'allument. Quand on relâche l'interrupteur, les ampoules s'éteignent.

**DÉFI 6 :** Réponses variables

L'interrupteur A fait s'allumer l'ampoule 1. L'interrupteur B fait s'allumer l'ampoule 2.

**DÉFI 7 :** Réponses variables

Il faut appuyer sur l'un ou l'autre des deux interrupteurs pour faire s'allumer l'ampoule. Quand on appuie sur les deux en même temps, l'ampoule s'allume également.

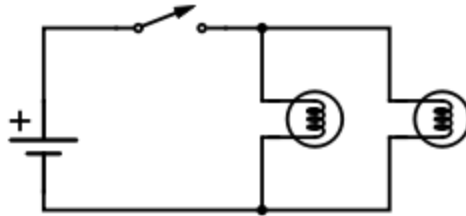
**DÉFI 8 :** Réponses variables

Il faut nécessairement appuyer sur les deux interrupteurs en même temps pour faire s'allumer l'ampoule.

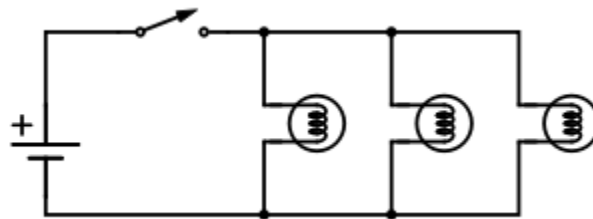


DÉFI 9 : Réponses variables

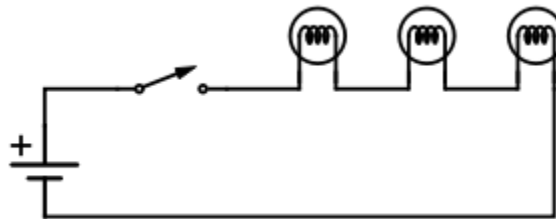
Faites allumer deux ampoules fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

**DÉFI 10 :** Réponses variables

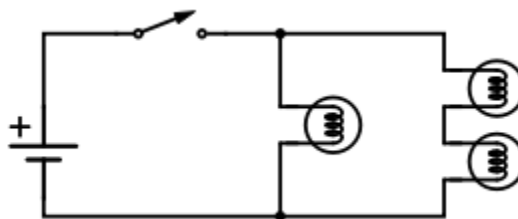
Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument fortement. (Aussi fort que si on n'avait qu'une seule ampoule).

**DÉFI 11 :** Réponses variables

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument faiblement. (Plus faiblement que dans le défi précédent)

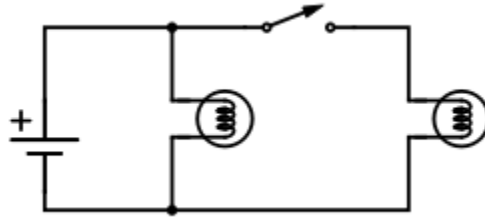
**DÉFI 12 :** Réponses variables

Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules s'allument. L'une d'elles s'allume fortement et les deux autres plus faiblement.

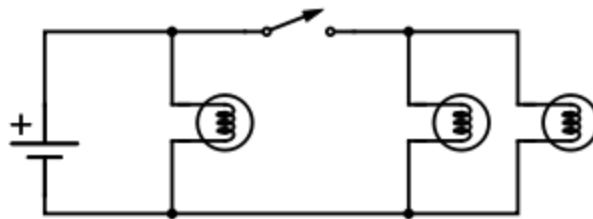


DÉFI 13 : Réponses variables

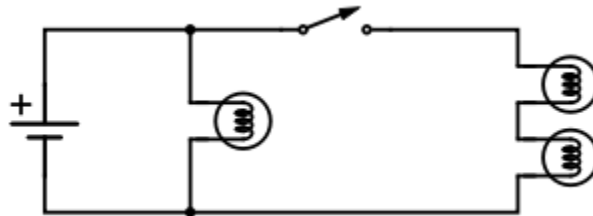
Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, une nouvelle ampoule s'allume. (Il faut qu'elle allume autant que la première)

**DÉFI 14 :** Réponses variables

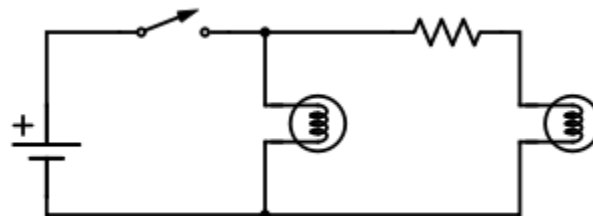
Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Les trois ampoules doivent s'allumer autant l'une que l'autre.

**DÉFI 15 :** Réponses variables

Sans qu'on appuie sur l'interrupteur, une ampoule est allumée. Quand on appuie sur l'interrupteur, deux nouvelles ampoules s'allument. Ces deux nouvelles ampoules s'allument moins fort que la première.

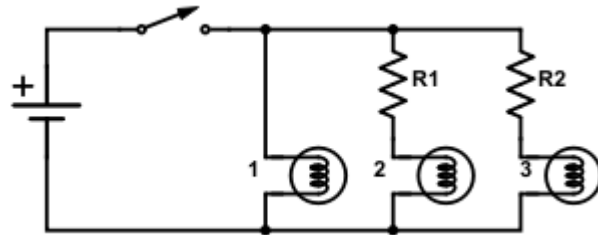
**DÉFI 16 :** Réponses variables

Quand on appuie sur l'interrupteur, deux ampoules identiques sont allumées en même temps. L'une des deux allume plus fort que l'autre. (Utilisez un résistor)



DÉFI 17 : Réponses variables

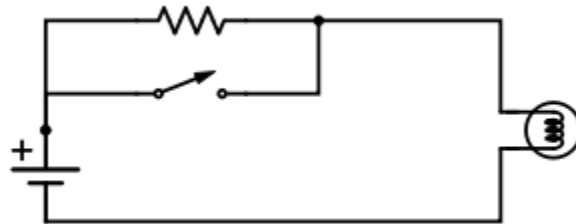
Quand on appuie sur l'interrupteur, trois ampoules identiques sont allumées en même temps. La première est celle qui allume le plus fort, la deuxième allume un peu moins fort et la troisième encore moins fort.



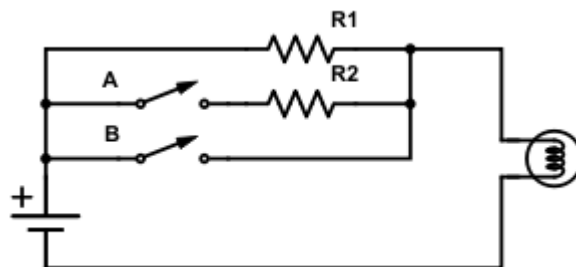
$$R1 < R2$$

DÉFI 18 : Réponses variables

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on le relâche, l'ampoule perd de l'intensité pour revenir à son intensité initiale.

**DÉFI 19 :** Réponses variables

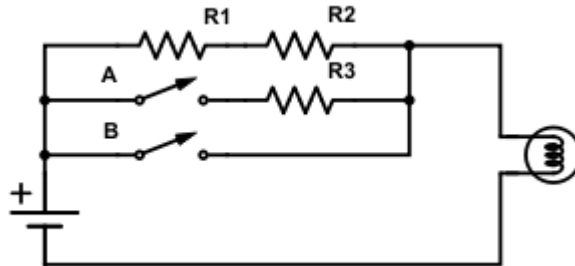
Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez 2 résistors de valeurs inégales)



$$R1 = R2$$

DÉFI 20 : Réponses variables

Une ampoule allume faiblement. Quand on maintient l'interrupteur A appuyé, l'ampoule s'allume plus fortement. Quand on maintient l'interrupteur B appuyé, l'ampoule s'allume encore plus fortement. (Utilisez trois résistors [pas plus, pas moins que trois] de valeurs égales)



$$R1 = R2 = R3$$

Odile Desgagnés, 2019

ANNEXE F. DOCUMENT DE PRÉPARATION POUR LE TTP

PÉRIODES 1 ET 2

- Matériel nécessaire pour toute la classe :
- 16 sources de courant de 12 volts (1/équipe)
 - 240 fils électriques avec pinces alligators (15/équipe)
 - 48 ampoules de 12 volts (3/équipe)
 - 48 interrupteurs (3/équipe)
 - 64 résistances de 20-25 Ohms (4/équipe)
 - 64 résistances de 40-50 Ohms (4/équipe)

Notes pour le TTP :

- Les sources souvent disponibles dans les écoles sont de 10 volts et peuvent très bien faire l'affaire, qu'elles soient variables de 0 à 10 volts ou par bonds de 1,5 volts. Étant donné que les élèves ne savent pas ce qu'est un court circuit, il faut que l'enseignant soit très clair sur le fait qu'aucune source de courant ne peut être mise en fonction avant d'obtenir l'homologation de l'enseignant ou du technicien.
- Le nombre de fils électriques ne peut pas être réduit mais toutes les extrémités ne sont pas obligées d'avoir une pince alligator. Tout dépend du type de fil car certains s'emboîtent directement les uns dans les autres et les pinces ne sont pas toujours nécessaires à la source.
- Les ampoules peuvent être de 6 volts au lieu de 12 mais il faut diminuer le voltage à la source en conséquence. L'intensité lumineuse est par contre moins facile à constater et impossible à voir en bas de 6 volts.
- Les interrupteurs peuvent être à bascule ou à bouton poussoir dépendamment du matériel disponible.
- Les résistances aussi peuvent varier, tant qu'il y en a des plus faibles et des plus fortes. Il faut par contre procéder à des tests afin de vérifier si l'ampoule allume selon les intensités attendus pour les défis 16 à 20 avant de les changer dans le matériel. Le nombre ne peut être réduit cependant car les élèves auront des pistes de solutions pour la résolution des derniers défis.

PÉRIODE 3

Matériel :

- Variable (Étant donné que les réponses sont variables)

Notes pour le TTP :

- Il est conseillé de faire 16 postes de travail comme suit :
 - 2 postes avec les défis 1 à 3
 - 2 postes avec les défis 4 à 6
 - 2 postes avec les défis 7 à 9
 - 2 postes avec les défis 10 à 12
 - 2 postes avec les défis 13 et 14
 - 2 postes avec les défis 15 et 16
 - 2 postes avec les défis 17 et 18
 - 2 postes avec les défis 19 et 20
- Les élèves circulent de poste en poste pour dessiner les circuits et les doublons permettent l'espace nécessaire à la circulation des équipes selon leur rapidité.
- Si jamais il n'y a pas assez de matériel pour faire tous les montages, il est possible de créer des images plastifiées en photographiant les montages des circuits des défis 1 à 20. Si le problème de matériel est lié seulement à la disponibilité des sources de courant, elles ne sont pas obligatoires à cette étape car le circuit n'a pas besoin d'être alimenté en courant pour être dessiné.
- Prévoir un gel de local si cette période est faite par plusieurs groupes afin d'éviter le montage et le démontage de tous les postes de travail.

PÉRIODE 4

- Matériel nécessaire pour toute la classe :
- 8 sources de courant de 12 volts (1/équipe)
 - 120 fils électriques avec pinces alligators (15/équipe)
 - 24 ampoules de 12 volts (3/équipe)
 - 24 interrupteurs (3/équipe)
 - 32 résistances de 20-25 Ohms (4/équipe)
 - 32 résistances de 40-50 Ohms (4/équipe)

Notes pour le TTP :

- Étant donné que les élèves travaillent en groupes de quatre, seulement 8 postes de travail sont nécessaires. Les mêmes conseils que lors de la période un peuvent être appliqués pour le matériel.